**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**Instituto de Geociências**

**Programa de Pós-Graduação em Geografia**

Richard Tomazi Franchini

# HORIZONTES BRUNADOS COMO INDICADORES DA ANTROPOPEDOGÊNESE EM SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS ABRIGADOS: o caso do abrigo do Malhador, vale do rio Peruaçu, MG.

Belo Horizonte, 2024

Richard Tomazi Franchini

# HORIZONTES BRUNADOS COMO INDICADORES DA ANTROPOPEDOGÊNESE EM SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS ABRIGADOS: O CASO DO ABRIGO DO MALHADOR, VALE DO RIO PERUAÇU, MG.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre(a) em Geografia.

Orientador: Fábio Soares de Oliveira

Coorientadora: Maria Jacqueline Rodet

Belo Horizonte

2024

F816h Franchini, Richard Tomazi.

2024 Horizontes brunados como indicadores da antropopedogênese em sítios arqueológicos abrigados [manuscrito] : o caso do abrigo do Malhador, vale do rio Peruaçu, MG / Richard Tomazi Franchini. – 2024.

92f.,enc.il.(principalmentecolor.)

Orientador: Fábio Soares de Oliveira.

Co-orientadora:Maria Jacqueline Rodet.

Dissertação(mestrado)–Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2024.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Linha de pesquisa: Geografia Física.

Bibliografia:f.82-92.

1. Arqueologia ambiental – Teses. 2. Ciência do solo – Teses. 3. Solos – Formação – Teses. 4. Sítios arqueológicos – Teses. I.Oliveira, Fabio Soares.II. Rodet, Maria Jacqueline. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. IV.

Ficha catalográfica elaborada por Nathalia Machado Laponez Maia – CRB-6/3002

Biblioteca “Vitória Pedersoli”, Instituto de Geociências da UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

## FOLHA DE APROVAÇÃO

## "HORIZONTES BRUNADOS COMO INDICADORES DE ANTROPOPEDOGÊNESE EM SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS ABRIGADOS: O CASO DO ABRIGO DO MALHADOR, VALE DO RIO PERUAÇU, MG"

**RICHARD TOMAZI FRANCHINI**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia 09 de agosto de 2024, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

**Fábio Soares de Oliveira**

IGC/UFMG

**Maria Jacqueline Rodet**

FAFICH/UFMG

**Bruno Nery Vasconcelos**

UFV

Belo Horizonte, 09 de agosto de 2024.

Documento assinado eletronicamente por **Fabio Soares de Oliveira**, **Professor do Magistério Superior**, em 09/08/2024, às 17:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5° do Decreto n° 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Bruno Nery Fernandes Vasconcelos**, **Usuário Externo**, em 13/08/2024, às 11:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5° do Decreto n° 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Maria Jacqueline Rodet**, **Professor(a)**, em 03/09/2024, às 11:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5° do Decreto n° 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3428463** e o código CRC **75635C19**.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Fábio Oliveira, pela grande ajuda que me deu com esse texto bem como a oportunidade de estudo ofertada. E à professora Maria Jacqueline Rodet que me acolheu em Minas Gerais.

Ao IGC e o Programa de Pós-Graduação em Geografia, por acolher um leigo no assunto, advindo de outra área.

À CAPES, por financiar esta pesquisa.

Ao Fernando, do laboratório de Geomorfologia, literalmente a primeira pessoa que eu conheci no prédio do IGC, pela presença e paciência.

Aos professores: Fábio, Valadão, Antônio e Valéria, pelas ótimas aulas e campos ministrados.

Aos meus colegas e amigos Bárbara, Daniel, Alessandra, Leilson e Mirella por serem uma inspiração pra mim e uma ótima companhia e parceria. Obrigado Bárbara pelos conselhos e por guiar um moço perdido com o sistema da UFMG e com o mundo.

À toda a minha família, pelo imensurável apoio que recebi desde sempre na minha vida. Minha mãe, por ser a melhor amiga do mundo. Meu pai, um companheiro insubstituível. Perdão pelas minhas falhas.

E à Karol, por ter sido um raio de sol na minha vida durante esse trajeto.

A todos e tantos outros nomes que participaram dessa jornada, lamentavelmente esquecidos pelo autor, meu muito obrigado.

“Não sou nada.

Nunca serei nada

Não posso querer ser nada.

À parte isso, tenho em mim todos os sonhos do mundo.” (Tabacaria, Fernando Pessoa)

## RESUMO

Este estudo investigou a origem da coloração brunada na camada superficial do sítio Abrigo do Malhador, localizado no Parque Estadual Cavernas do Peruaçu, norte do estado de Minas Gerais, Brasil Central. Utilizando procedimentos de campo e laboratório, incluindo escavação arqueológica, coleta de amostras de volume controlado e indeformadas, análises físicas, químicas, mineralógicas, micromorfológicas, microquímicas e geocronológicas, a pesquisa revelou insights significativos sobre os processos formadores dessa coloração. Os resultados mostraram que a diferença de cor entre a camada 0 e as camadas I e II do Abrigo do Malhador não se deve à maior concentração de carbono orgânico, mas sim ao carbono pirogênico. Este último é um produto da queima incompleta de matéria orgânica, influenciando significativamente a cor dos solos antrópicos. Para explicar a presença de partículas menores de carbono pirogênico na camada 0, foram discutidas duas hipóteses principais: (1) a produção de uma maior diversidade de materiais carbonizados e (2) a transformação granulométrica do carvão. A análise estatística indicou que a principal diferença entre as camadas é textural, com a superfície sendo mais argilosa e a subsuperfície mais siltosa, o que influencia a coloração do solo. A ação humana foi identificada como o principal fator na formação das características observadas nas camadas do Abrigo do Malhador, incluindo a cor brunada. A pedogênese pós-deposicional teve um impacto limitado na alteração dos sedimentos originais, refletindo as práticas de ocupação e uso do fogo pelos grupos ceramistas-horticultores que habitaram a região. A camada 0, formada nos últimos 1.000 anos, constitui um marcador geoarqueológico significativo da ocupação desses grupos. Estudos futuros sobre a origem do carbono pirogênico e as variações do carvão, incluindo experimentações detalhadas, são essenciais. Além disso, é necessário analisar as diferenças internas da camada 0, em vez de focar apenas em amostras de volume controlado utilizadas neste estudo. Essas investigações poderão ampliar significativamente a compreensão sobre o significado arqueológico da camada 0 e a formação do Sítio Abrigo do Malhador.



**Palavras-chave**: geoarqueologia; pedogênese; abrigos sob rochas.

## ABSTRACT

This study investigated the origin of the brownish coloration in the surface layer of the Abrigo do Malhador site, located in the Parque Estadual Cavernas do Peruaçu, in the northern part of Minas Gerais, Central Brazil. Using field and laboratory procedures, including archaeological excavation, controlled and undisturbed sample collection, physical, chemical, mineralogical, micromorphological, microchemical, and geochronological analyses, the research revealed significant insights into the processes forming this coloration. The results showed that the color difference between layer 0 and layers I and II of Abrigo do Malhador is not due to a higher concentration of organic carbon but rather to pyrogenic carbon. The latter is a product of the incomplete combustion of organic matter, significantly influencing the color of anthropogenic soils. To explain the presence of smaller pyrogenic carbon particles in layer 0, two main hypotheses were discussed: (1) the production of a greater diversity of carbonized materials and (2) the granulometric transformation of charcoal. Statistical analysis indicated that the primary difference between the layers is textural, with the surface being more clayey and the subsurface siltier, which influences soil coloration. Human activity was identified as the main factor in the formation of the characteristics observed in the layers of Abrigo do Malhador, including the brownish color. Post-depositional pedogenesis had a limited impact on altering the original sediments, reflecting the occupation practices and fire use by the ceramist-horticulturist groups that inhabited the region. Layer 0, formed in the last 1,000 years, constitutes a significant geoarchaeological marker of the occupation of these groups. Future studies on the origin of pyrogenic carbon and charcoal variations, including detailed experiments, are essential. Moreover, it is necessary to analyze the internal differences of layer 0 instead of focusing solely on controlled volume samples used in this study. These investigations could significantly enhance the understanding of the archaeological significance of layer 0 and the formation of the Abrigo do Malhador site.



**Keywords:** geoarchaeology; pedogenesis; rockshelter.

## Lista de ilustrações

Figura 1: Modelo proposto para a evolução do endocarste e posterior formação do fluviocarste do Rio Peruaçu. Fonte: Moura, 2009.....18
Figura 2: Mapa com os compartimentos geomorfológicos em conjunto com a bacia do Peruaçu. **1**: compartimento de topo ou cimeira; **2**: zona de transição entre ambientes; **3**: compartimento do cânion do Peruaçu; **4**: planícies aluviais. Fonte: MJ. Rodet, 2006.....19
Figura 3: Classes de solos representativas do contexto regional na área de estudo.....21
Figura 4: Fotos da escavação de 2021. 1) Foto panorâmica do sítio; 2) Escavação; 3) Fechamento da escavação; 4) Paredão cárstico que abriga o sítio; 5) Foto das quadras Y7, Y8, X7 e X8.....23
Figura 5: Sepultamentos do Malhador. Retirado de Prous & Schlobach, 1997.....24
Figura 6: Localização da área de estudo, Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.36
Figura 7: Imagens das escavações realizadas no Sítio Abrigo do Malhador, em setembro de 2021. Visão panorâmica do sítio (A); Quadras X7, X8, Y7 e Y8 (B); Paredão cárstico que abriga o sítio (C); Camada brunada com fragmentos de carvão (D); Desenho de perfil (quadras S11 e S12) (E); Método de decapagem (F)..... 38
Figura 8: TFSA separadas por níveis para a secagem, evidenciando as cores mais brunadas dos níveis superficiais e rosado-acinzentadas dos níveis inferiores.....39
Figura 9: Croqui representativo da exposição vertical de faces das quadras S11, S12 X7, X8, Y7 e Y8 escavadas em 2021 apresentando os níveis e camadas que compõem a estratigrafia do sitio arqueológico Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.....43
Figura 10: Análise por Principais Componentes (PCA) dos grupos de amostras a partir de variáveis relacionadas aos atributos físicos e químicos das amostras dos níveis e camadas 0, I e II do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.....50
Figura 11: Imagens de elétrons retroespalhados e mapas microquímicos dos níveis e camadas 0, I e II do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central. Nas imagens à direita, a cor branca indica a presença do elemento químico retratado na legenda. Foram produzidos mapas dos elementos Ca, P, C, Mg, Si, Al, K e Fe. As linhas tracejadas vermelhas representam nódulos típicos. Linhas tracejadas azuis representam grãos de quartzo. Linhas tracejadas amarelas representam fragmentos de ossos.....56
Figura 12: Imagens de elétrons retroespalhados e mapas microquímicos evidenciando a diversidade morfológica dos cristais de composição calcítica. Nas imagens à direita, a cor branca indica a presença do elemento químico (Ca).....58
Figura 13: Fotomicrografias, imagens de elétrons retroespalhados e mapas microquímicos dos níveis 0 sup (A), 0 inf / I sup (B) e I sup (C) destacando a análise da presença do carvão como partículas finas na micromassa. Nas imagens da base, a cor branca indica a presença do elemento químico C (carbono).59
Figura 14: Imagens de elétrons retroespalhados de algumas feições de destaque observadas, incluindo fragmentos de concha em degradação (A), fragmentos de minerais não identificados de formato alongado com inclusões (B) e estruturas com células vegetais parcialmente carbonizados (C).....60

**Lista de tabelas**

Tabela 1: estatística descritiva dos atributos físicos e químicos das amostras coletadas nos níveis e camadas 0, I e II do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.....47
Tabela 2: descrição micromorfológica e fotomicrografias representativas obtidas em microscópio petrográfico dos níveis e camadas 0, I e II do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.....51
Tabela 3: resultados da datação radiocarbônica de fragmentos de carvão em estruturas de combustão intactas de níveis no contato entre as camadas 0 e I e da camada II do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.....61
Tabela 4: Enquadramento dos critérios para classificação dos horizontes A antrópicos de acordo com os sistemas SiBCS, Soil Taxonomy, WRB e Kampf et al (2003) das exposições verticais da quadras S11, X7, X8 e Y7 do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais.....61

**Lista de Abreviaturas e Siglas**

| | |
|---|---|
| AD | Anno Domini |
| AF | Areia fina |
| AG | Areia grossa |
| AMS | Espectrometria de massa por acelerador |
| AP | Antes do presente |
| AVC | Amostra de volume controlado |
| BP | Before present |
| CCCL | Calcários cristalinos calcíticos laminados |
| COT | Carbono orgânico total |
| CTC | Capacidade de troca catiônica |
| DRX | Difratometria de raios x |
| EDS | Espectroscopia por dispersão de energia |
| EUA | Estados Unidos da América |
| FTIR | Espectrometria de Infravermelho com Transformada de Fourier |
| INF | Inferior |
| IUSS | International Union of Soil Sciences |
| MED | Médio |
| MET | Microscópio eletrônico de transmissão |
| MEV | Microscópio eletrônico de varredura |
| MG | Minas Gerais |
| NRCS | Natural Resources Conservation Service |
| PCA | Principal Component Analysis (análise de componentes principais) |
| SB | Soma de bases |
| SSS | Soil Survey Staff |
| ST | Soil Taxonomy |
| SUP | Superior |
| t | Capacidade de troca catiônica efetiva |
| T | Capacidade de troca catiônica potencial |
| TFSA | Terra fina seca ao ar |
| Ti | Titânio |
| TPA | Terras pretas arqueológicas |
| UFMG | Universidade Federal de Minas Gerais |
| WRB | World Reference Base |

**Lista de Elementos**

| | |
|---|---|
| Al | Alumínio |
| C | Carbono |
| Ca | Cálcio |
| Cu | Cobre |
| H | Hidrógênio |
| K | Potássio |
| Mg | Magnésio |
| N | Nitrogênio |
| Na | Sódio |
| P | Fósforo |
| Si | Silício |
| Zn | Zinco |

# SUMÁRIO

**1. INTRODUÇÃO..... 14**

1.2 Motivadores e tema de pesquisa..... 14

1.3 Objetivos..... 17

2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO..... 18

**3. ÁREA DE ESTUDO..... 19**

3.1 Do Vale do Rio Peruaçu ao Abrigo do Malhador..... 19

3.1.1 Componentes físico-naturais da paisagem regional..... 19

3.1.2 O Abrigo do Malhador..... 24

**4. CONCEITOS NORTEADORES..... 29**

4.1 Solo, sedimentos e intervenções antrópicas..... 29

**5. ARTIGO CIENTÍFICO..... 35**

**HORIZONTES BRUNADOS COMO INDICADORES DA PEDOGÊNESE EM SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS ABRIGADOS: o caso do Abrigo do Malhador, Vale do Rio Peruaçu, MG..... 35**

5.1 Introdução..... 35

**6. MATERIAIS E MÉTODOS..... 37**

6.1 Área de estudo..... 38

6.2. Amostragem e preparação das amostras..... 41

6.2 Análises laboratoriais..... 42

6.3 Classificação do solo..... 44

**7. RESULTADOS..... 46**

7.1 Níveis e camadas..... 46

7.2 Propriedades físicas e químicas..... 49

7.3 Micromorfologia..... 55

7.4 Microquímica e mineralogia..... 60

7.5 Datação por C14..... 66

7.6 Classificação do solo..... 66

**8. DISCUSSÃO..... 70**

8.1 De onde vem a cor brunada da camada 0?..... 70

8.2 Mais que uma cor, um produto humano na pedogênese..... 72

8.3 Implicações geoarqueológicas da Camada 0..... 79

**9. CONCLUSÕES..... 82**

**10. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 83**

**REFERÊNCIAS..... 85**

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.2 Motivadores e tema de pesquisa

O vale do Rio Peruaçu, localizado no norte do estado de Minas Gerais, é uma região notável pela presença de diversos sítios arqueológicos, cuja ocupação humana remonta a pelo menos 12.000 anos AP (PROUS, 1992). Os grupos que habitaram a área deixaram suas marcas nas paredes através de pinturas, e suas ações podem ser parcialmente verificadas pelos vestígios materiais que hoje compõem a estratigrafia dos sítios arqueológicos, recuperados por escavações e coletas superficiais ao longo dos anos. Atualmente, conhecemos esses ambientes como "lapas", "grutas" ou "abrigos".

Os grupos humanos do passado demonstraram uma forte relação com os componentes físico-naturais de seu entorno, como solo, flora, fauna, relevo, águas e rochas. Entre as muitas apropriações desses componentes, que hoje denominamos recursos naturais, esses humanos produziram instrumentos de pedra e ossos, além de tintas com pigmentos minerais, alimentaram-se de plantas e animais, e construíram diversas estruturas ligadas aos seus modos de vida e simbolismos, como fogueiras e sepultamentos.

Os materiais vegetais e animais sempre tiveram um papel essencial na vida dessas pessoas do passado no Vale do Rio Peruaçu. Um exemplo são as estruturas vegetais criadas por esses grupos que continham diversos vestígios. Comumente referidas em estudos arqueológicos como "silos", essas estruturas continham chumaços de algodão, espiguetas, grãos e sementes, além de materiais de outras origens como cordas, bivalves e material lítico (RESENDE e CARDOSO, 2009). Restos de coquinhos carbonizados são frequentemente encontrados em associação com fogueiras.

Para além das diversas interpretações arqueológicas sobre a presença desses resíduos vegetais, eles desempenham um papel importante na produção da matéria orgânica no ambiente em que são depositados. Em termos pedológicos, a matéria orgânica é definida como os constituintes orgânicos do solo derivados da decomposição de materiais de origem vegetal e animal. A humificação da matéria orgânica, é um processo que depende das condições do meio onde é depositada, sendo fortemente relacionada à atividade dos microrganismos, e varia ao

longo do tempo e do espaço. Entre os fatores que influenciam esse processo estão as condições climáticas, como temperatura e quantidade de água no solo, pH e disponibilidade de nutrientes. Trata-se de um dos constituintes mais importantes para entender a origem e o funcionamento de um solo, pois a matéria orgânica é o único que influencia todas as suas propriedades.

Estudos sobre o aumento do conteúdo de matéria orgânica por intervenções humanas em grupos do passado foram realizados em diversas localidades, com destaque para a origem das Terras Pretas Arqueológicas. Esses solos, caracterizados por sua cor escura e elevada fertilidade, resultam diretamente do acúmulo de matéria orgânica (COSTA et al., 2009; SCHMIDT, 2016), que está relacionada aos materiais vegetais e animais medianamente decompostos transformados em carvão, como resíduos de fogueiras domésticas e queimadas para o uso agrícola do solo (KERN e KÄMPF, 1989; KÄMPF e KERN, 2015). Assim, o aporte de matéria orgânica responsável pela formação desses solos está relacionado à gestão desses resíduos, incluindo o uso do fogo, o que torna a produção dessa matéria orgânica uma intervenção antrópica mais complexa do que a simples deposição e decomposição de materiais. Além disso, nem toda a matéria orgânica presente está relacionada aos resíduos adicionados e manejados por humanos, pois a colonização biológica natural desses ambientes é um processo ativo. Tudo isso torna o estudo da matéria orgânica em solos antrópicos um campo cheio de possibilidades científicas a serem investigadas.

Recentemente, no Vale do Rio Peruaçu, novas escavações arqueológicas foram iniciadas no Abrigo do Malhador, localizado na entrada do cânion formado por esse rio e seus afluentes, no sentido de jusante para montante. No ano de 2021 foram abertas seis novas quadrículas de 1x1 m cada, duas delas próximas à antiga escavação feita na década de 1990, quando foram encontrados sepultamentos humanos. Essas escavações atingiram até aproximadamente 1 m de profundidade em algumas quadrículas e revelaram um aspecto interessante em termos pedológicos. Tal como ocorre em outros sítios escavados na região, ocorre uma porção superficial mais amarronzada, de cor bruno-escura, sobreposta por camadas rosado-acinzentadas e rosado-esbranquiçadas, de acordo com a tabela Munsell. Essas diferenças de cor despertaram nosso interesse pelos motivos expostos a seguir.

Os estudos arqueológicos têm incorporado a porção superficial de cor mais brunada nos níveis 0 e I, principalmente. Além de vestígios líticos, como lascas de silexito e calcário, essa porção é reconhecida pela presença de muitas estruturas de fogueiras, fragmentos de carvão

esparsos, vestígios vegetais e animais abundantes, alguns sepultamentos e fragmentos de cerâmica. Ela tem sido atribuída a uma temporalidade inferior a 2.500 AP, sendo interpretada como correspondente à chegada dos grupos ceramistas e horticultores na região.

Em uma abordagem pedológica, Vasconcelos et al. (2013) analisaram as exposições das escavações dos sítios do Malhador e Boquete e mencionaram essa porção superficial, atribuindo-lhe uma cor variando de bruno escura (7,5YR3/3) a bruno muito escura (7,5YR2,5/2). Os autores sugeriram que a diferenciação de cor entre as camadas indica a inexistência de relação pedogenética entre elas, atribuindo sua origem a processos deposicionais policíclicos, interpretando dessa forma todos os demais atributos físicos e químicos.

Contudo, durante as escavações recentes, observamos que essa porção apresenta estruturas pedológicas diversificadas, o que sugere uma relação mais complexa entre a presença de fogueiras e carvão e as cores brunadas, já que mesmo nas porções inferiores, rosadas e avermelhadas, a presença de carvão é constante. Outro fator ainda pouco explorado é o papel da deposição de excrementos pelo gado que ocupou a área após o contato dos indígenas com os colonizadores. O próprio nome do sítio, 'Abrigo do Malhador', deriva da presença de gado até poucos anos atrás, e a definição do nível 0 pelos estudos arqueológicos está ligada a esse material.

Portanto, o que realmente explicaria essa cor brunada e, consequentemente, a formação dessa porção? Suas propriedades seriam definidas pelos processos sedimentares ou a superimposição da pedogênese num contexto de intervenções antrópicas explicaria melhor sua origem? A matéria orgânica expressa pelo conteúdo de carbono orgânico explicaria a cor dessa porção e, por isso, ela poderia ser considera um horizonte organo-mineral A gerado pela pedogênese sobre materiais antrópicos? Essas questões sobre a abrupta transição de porções mais claras para uma superfície mais escurecida no Abrigo do Malhador motivam a proposição dessa dissertação. Trabalhamos com a hipótese de que nessa porção se encontram sucessivos horizontes A antrópicos, produzidos e alterados pelas atividades humanas no local, o que confere à mudança de cor um significado antropopedogênico.

## 1.3 Objetivos

Com este trabalho buscamos entender a origem da cor brunada na superfície do pacote estratigráfico que caracteriza o sítio arqueológico Abrigo do Malhador a partir de uma perspectiva pedoarqueológica, e se ela pode ser enquadrada como um horizonte A gerado pela pedogênese a partir de sedimentos antrópicos.

Entre os objetivos específicos, nomeiam-se:

- Avaliar o grau de pedogênese através de indicadores morfológicos, físicos e químicos na porção superior de cor brunada;
- Compreender a origem da cor brunada em associação com processos antropopedogênicos e/ou pós-deposicionais;
- Relacionar as cores brunadas na superfície com as demais cores presentes nos primeiros 50 cm da estratigrafia, profundidade atingida nas escavações do ano de 2021.

## 2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O autor optou por apresentar os resultados da dissertação na forma de um artigo científico, em conformidade com as possibilidades oferecidas pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFMG, ao qual está vinculado. No entanto, considerou-se apropriado apresentar aos leitores uma caracterização mais detalhada da área de estudo e alguns conceitos que orientaram a pesquisa. Isso se deve ao fato de que tais componentes textuais são mais sintetizados no artigo e, dada a importância da área de estudo, informações adicionais podem ser relevantes para aqueles que se interessarem pelo tema abordado.

Assim, nas páginas que se seguem, os leitores encontrarão duas seções: Caracterização da Área de Estudo e Conceitos Norteadores, seguidas pelo artigo científico elaborado a partir da pesquisa desenvolvida. No artigo, o problema de pesquisa é novamente enfatizado, e são apresentados os procedimentos de campo e de laboratório utilizados, bem como os resultados e a discussão dos mesmos. A dissertação é encerrada com uma seção dedicada às Considerações Finais, onde os principais avanços são destacados e novas direções para estudos futuros são apontadas como suporte à continuidade das pesquisas.

# 3. ÁREA DE ESTUDO

## 3.1 Do Vale do Rio Peruaçu ao Abrigo do Malhador

A área de estudo está localizada no norte do estado de Minas Gerais, e encontra-se no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu. A área do Parque estende-se por três municípios, sendo eles Januária, Itacarambi e São João das Missões e dista aproximadamente 650 km da capital mineira, a cidade de Belo Horizonte. Os componentes físico-naturais e a ocupação humana que caracterizam a região são incialmente apresentados, e logo a seguir o Abrigo do Malhador, onde o estudo foi desenvolvido.

### 3.1.1 Componentes físico-naturais da paisagem regional

A história geológica da região onde a área de estudo está inserida inicia-se no Proterozoico, com a formação do substrato de rochas cristalinas granito-gnáissicas, que compõem o embasamento regional, alusivo ao Cráton do São Francisco (SCHOBBENHAUS et al., 1984). Posteriormente, ocorre a adição de elementos carbonáticos devido à instalação de um mar epicontinental, culminando na formação do Grupo Bambuí (PILÓ, 2002). Este grupo é composto principalmente por calcários, dolomitos e rochas metapelíticas, como siltitos, sendo os calcários e dolomitos predominantes na área de estudo. Todo esse processo ocorre durante o Pré-cambriano, seguido por um hiato erosivo.

A próxima deposição ocorre no Mesozoico Superior, com os arenitos cauliníticos e ferruginosos do Grupo Urucuia e a criação, já no Cenozoico, de uma couraça ferruginosa pisolítica. Esta couraça é formada por processos geoquímicos resultantes da remobilização de Fe e Mn no sistema de intemperismo (MOURA, 2009; SIMÕES, 2020).

Inicialmente, as rochas calcárias estavam protegidas do escoamento de água superficial graças ao conjunto de rochas areníticas sobrepostas, mas eram afetadas pelo escoamento e carstificação subsuperficial, orientadas por antigas falhas geológicas, reativadas no Cenozoico (RODET & RODET, 2001). O destino desse escoamento era a depressão sanfranciscana, cuja origem contribuiu para o rebaixamento do nível de base e, consequentemente, para a endocarstificação dos calcários e dolomitos na região. Fases de preenchimento dos condutos e

posterior remoção de parte desses depósitos também marcam a evolução do endocarste na região. Hoje, muitos desses preenchimentos encontram-se concrecionados, compondo uma espécie de brechas autigênicas. Com o tempo, a denudação expôs o pacote rochoso carbonático, iniciando também uma carstificação superficial.

O desenvolvimento de um fluviocarste ocorre durante o período Plio-Pleistoceno e é o traço mais marcante da evolução da paisagem geomorfológica na região. Isso ocorreu há cerca de 2.000.000 AP (MOURA, 2009), com a exposição e ampliação das redes internas de condutos e drenagens, bem como o abatimento de blocos e tetos, formando dolinas, uvalas, claraboias, entre outros. Durante o Pleistoceno, esses abatimentos se intensificaram, resultando na retração de escarpas e na deposição de material carbonático de diferentes formas, criando os paredões cársticos encontrados atualmente. A Figura 1 sintetiza as etapas evolutivas do endocarste para o fluviocarste associado ao Rio Peruaçu.

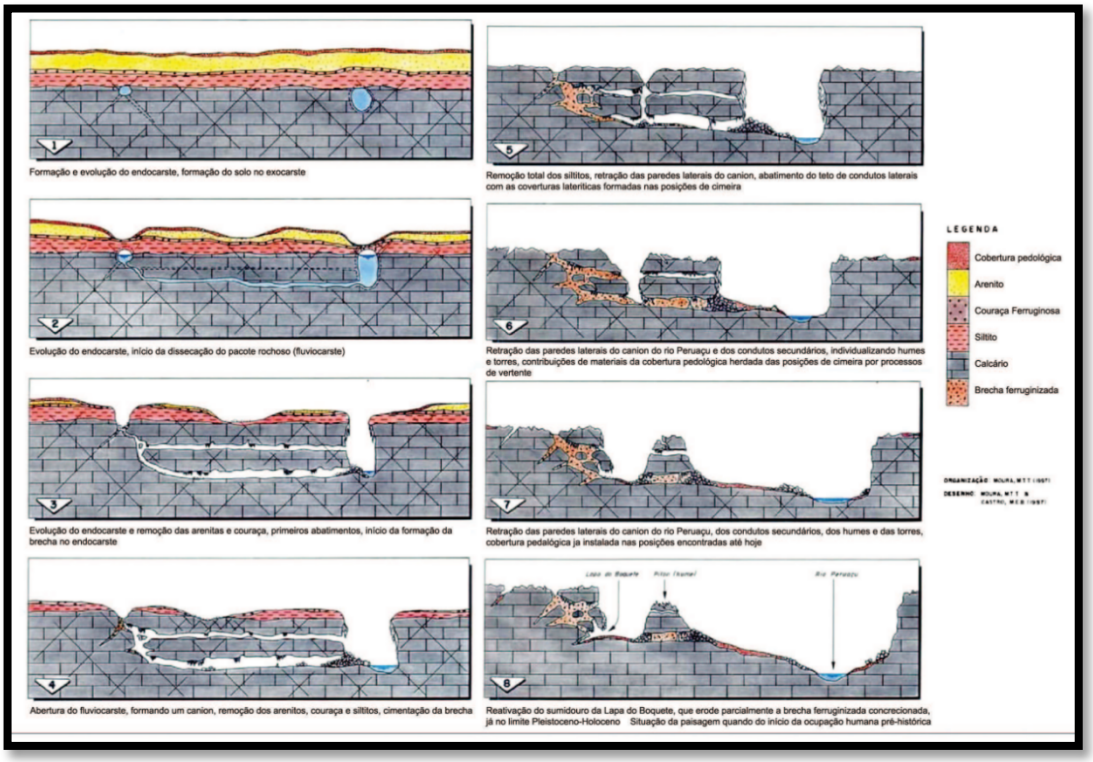



Figura 1: Modelo proposto para a evolução do endocarste e posterior formação do fluviocarste do Rio Peruaçu.
Fonte: Moura, 2009.

Essa evolução geológico-geomorfológica compõe um arranjo de unidades de paisagem que permitem o reconhecimento de quatro compartimentos, conforme destacado por Rodet et al. (2006) (figura 2).

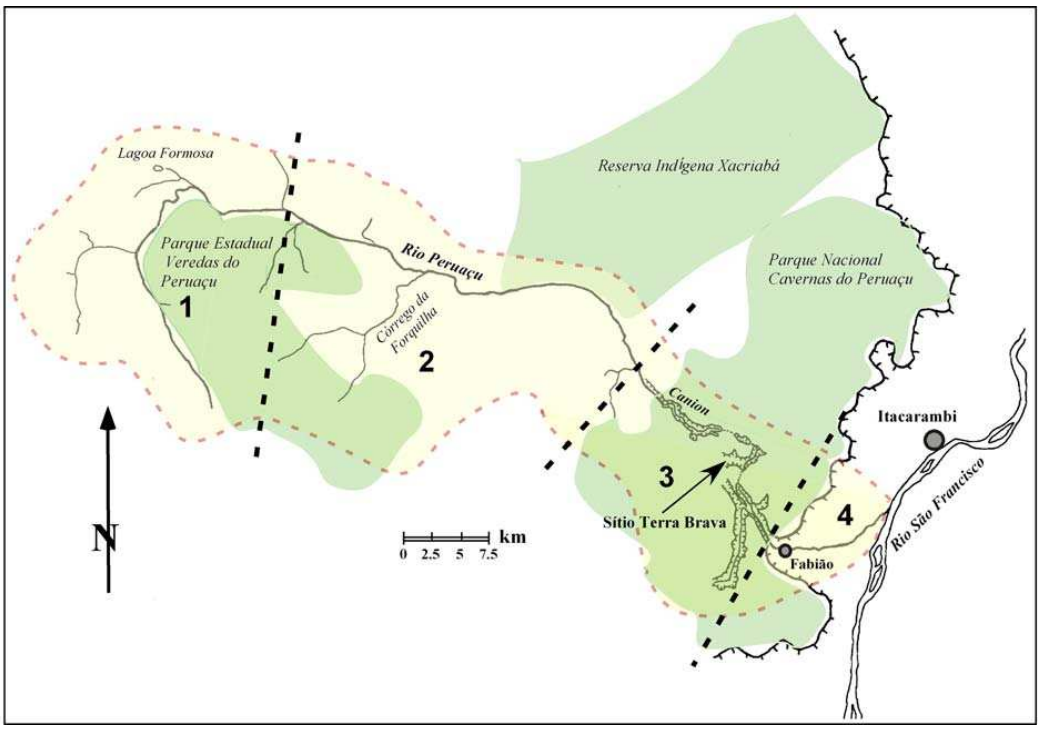



Figura 2: Mapa com os compartimentos geomorfológicos em conjunto com a bacia do Peruaçu. **1**: compartimento de topo ou cimeira; **2**: zona de transição entre ambientes; **3**: compartimento do cânion do Peruaçu; **4**: planícies aluviais. Fonte: MJ. Rodet, 2006.

O primeiro compartimento é a área a montante da bacia hidrográfica do Rio Peruaçu, caracterizada por um planalto subhorizontalizado. Em alguns pontos baixos, o lençol freático aflora na forma de veredas de Buritis. Este compartimento do alto vale ou de cimeira possui uma altitude de mais de 750 metros, onde o rio nasce e corre com lagoas associadas. Aqui, encontram-se resquícios de siltito sobrepostos ora por arenito, ora pela couraça laterítica fragmentada e desmantelada.

O segundo compartimento é a "Zona de Transição", onde ocorre a passagem das areias do Grupo Urucuia para as rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí. Este setor possui a maior variedade de formações rochosas, marcando o contraste entre litologias mais e menos

resistentes ao intemperismo e erosão. Inclui também uma janela estrutural que expõe as formações graníticas do embasamento cristalino (MOURA, 2009a).

O terceiro compartimento é o "Cânion" do Rio Peruaçu, onde se apresentam as características clássicas do carste exumado, com feições ruiniformes de topo, como lapiás, dolinas, grutas-túneis, abrigos sob rochas e poljes. É neste compartimento de fluviocarste que se encontra o sítio arqueológico em estudo.

Por fim, o quarto compartimento é a "Planície Aluvial", que inclui tanto elementos das feições cársticas quanto as deposições sedimentares do Rio Peruaçu e dos antigos terraços do Rio São Francisco. A região consiste em um gráben de mais de 20 km, fundamental para o aporte do grande volume de sedimentos que ali se encontra.

A região onde está inserido o Vale do Rio Peruaçu apresenta uma alta diversidade de solos (figura 3). Nos compartimentos do topo, onde o rio corre sobre mantos de alteração associados às rochas do Grupo Urucuia, encontram-se NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS nas vertentes e GLEISSOLOS HÁPLICOS nas áreas de veredas. Esse conjunto de solos está relacionado, respectivamente, à presença dos mantos de alteração dos arenitos nas encostas e ao acúmulo de material orgânico em ambientes hidromórficos ao longo dos canais. Também podem ser encontrados LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, geralmente de textura média, desenvolvidos a partir da degradação de couraças ferruginosas associadas aos arenitos com maior conteúdo de argila e ferro.

No domínio das rochas do Grupo Urucuia, ocorrem LATOSSOLOS VERMELHOS e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS em porções de rochas carbonáticas mais alteradas, provavelmente em zonas residuais de topo, e sobre as rochas pelíticas, que produzem solos bastante aluminosos. No entanto, essas classes não são dominantes, pois CAMBISSOLOS HÁPLICOS e NEOSSOLOS LITOLÓGICOS, sobre os mesmos substratos, indicam que o processo de abertura do fluviocarste também levou a um rejuvenescimento da cobertura pedológica.

Fora do carste, mas ainda influenciado por ele, estão os terraços do Rio São Francisco, onde predominam ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS e LATOSSOLOS VERMELHOS. Esses solos são provavelmente gerados por antigos sedimentos depositados pelo rio, provenientes de zonas a montante da Bacia do São Francisco, mas também pelo

esvaziamento da cobertura superficial e subsuperficial do carste, devido à erosão remontante do planalto e à origem do Vale do Rio Peruaçu. Também estão presentes solos hidromórficos e NEOSSOLOS FLÚVICOS, principalmente nas zonas afetadas pela planície de inundação atual e subatual do Rio São Francisco, sendo esses provavelmente os solos menos maduros de toda a região.

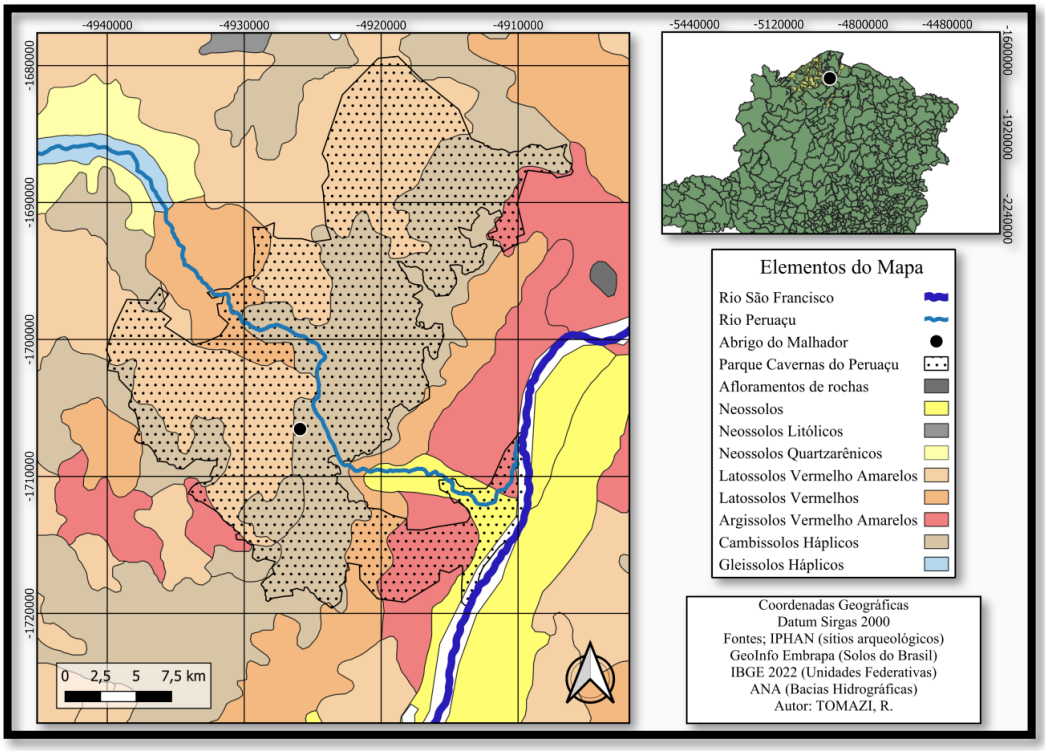



Figura 3: Classes de solos representativas do contexto regional na área de estudo.

Do ponto de vista da cobertura vegetal, a região está inserida numa zona ecotonal, marcada pela transição entre três biomas: cerrado, caatinga e mata atlântica (SALINO e LOMBARDI, 2009). O Cerrado, do tipo stricto sensu, ocorre principalmente nas porções mais altas do relevo, em associação com solos aluminosos e arenosos. A caatinga apresenta seus principais elementos nos afloramentos de calcário ou em bolsões de solos esparsos, também vinculados a essas rochas. A Mata Atlântica está presente na forma de Mata Seca, Mata Ciliar e Mata de Galeria, sendo as duas últimas ligadas a cursos de água e a primeira aos interflúvios sobre solos rasos de calcários. As árvores são, em sua maioria, caducifólias e podem atingir até 30 metros de altura.

O clima regional é do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 24ºC e precipitação média anual de 876,7 mm (MOURA, 1997). O período chuvoso e de maiores temperaturas ocorre de novembro a abril, enquanto os meses mais secos e amenos vão de maio a outubro.

### 3.1.2 O Abrigo do Malhador

O sítio "Abrigo do Malhador" deriva seu nome das práticas pecuárias da população local, e mesmo antes disso, dos colonizadores da região. O gado era ali reunido, o que é evidenciado pelas fezes bovinas presentes na superfície. O sítio arqueológico encontra-se dentro do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu e está inserido na porção de entrada do cânion do Rio Peruaçu, sentido jusante para montante, em um vale que sugere um antigo afluente desse rio ou mesmo seu paleocurso. O setor abrigado do sítio se estende até mais ou menos 80 metros de comprimento, sendo a área total do sítio de 800m² (SCHLOBACH, 2000). O abrigo dista aproximadamente 4km do sítio da Lapa do Boquete, outro sítio de proeminente importância para a região onde foram realizadas diversas pesquisas arqueológicas, e cerca de 450 metros do curso atual do rio Peruaçu (DA SILVA e OKUMURA, 2018).

O sítio está localizado abaixo de um paredão de calcário laminado (Figura 4), que se eleva em torno de 50 metros de altura, e apresenta espeleotemas antigos, preservados ou desabados, representativos de uma fase em que o sistema cárstico esteve fechado na forma de cavernas e condutos.

A formação do abrigo onde o sítio está localizado é interpretada como um processo decorrente da abertura do sistema cárstico, iniciado pelo desabamento das estruturas dos tetos dos condutos e cavernas. Posteriormente, a retração dos paredões e a remoção de antigos preenchimentos levaram à criação de um relevo negativo na base do paredão, resultando em um ambiente protegido da ação direta das intempéries (MOURA & ALARSA, 2000), especialmente das chuvas.

Em se tratando de vestígios arqueológicos, o sítio apresenta pinturas rupestres ao longo do paredão, fogueiras, restos de coquinhos queimados (como guarirobas), material lítico - alguns apresentando marcas de lascas criadas pelo fogo -, ossos de animais e cinco sepultamentos encontrados na década de 1990.

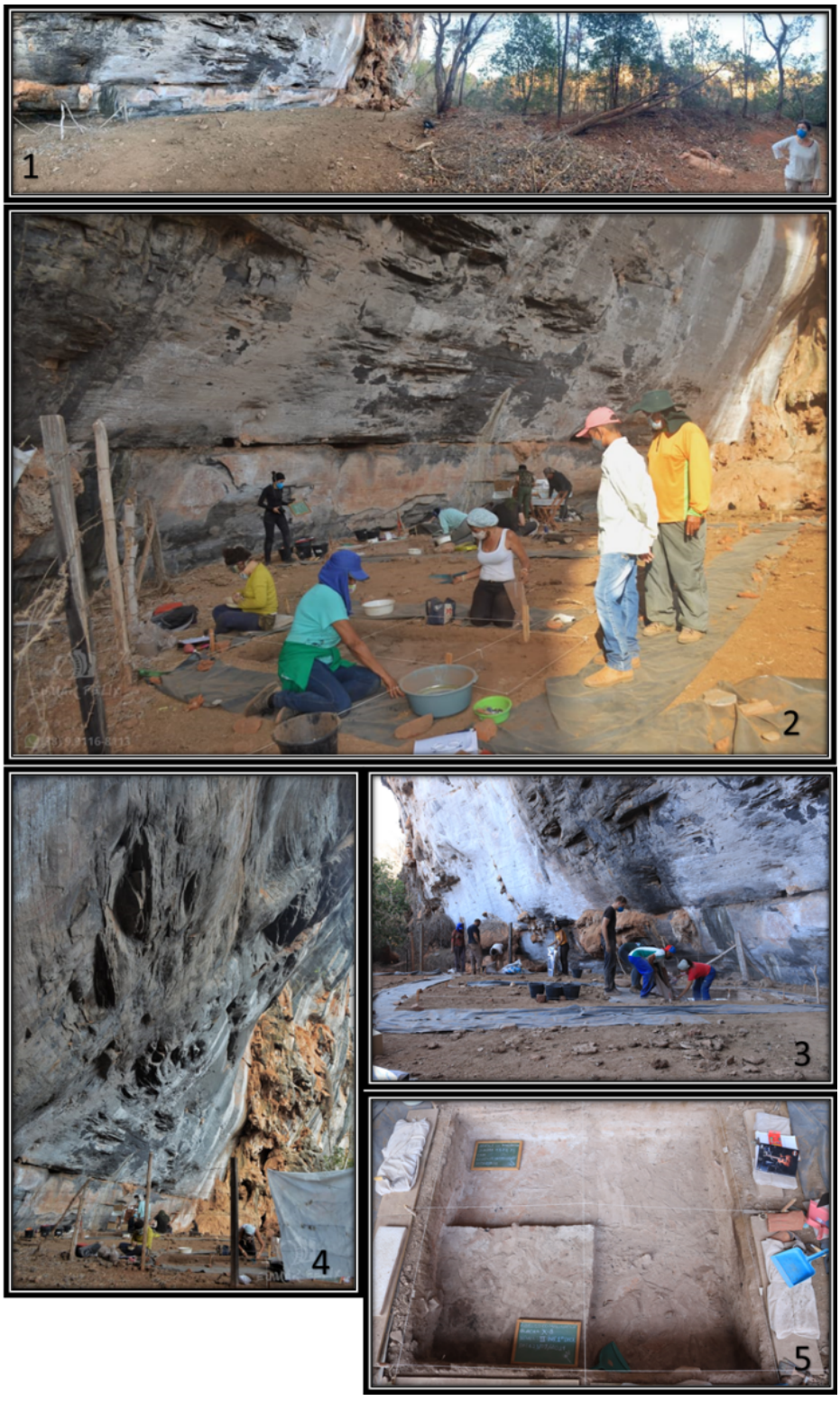



Figura 4: Fotos da escavação de 2021. 1) Foto panorâmica do sítio; 2) Escavação; 3) Fechamento da escavação; 4) Paredão cárstico que abriga o sítio; 5) Foto das quadras Y7, Y8, X7 e X8. Fotos: Acervo Latel.

Os sepultamentos consistem em duas mulheres entre 35 e 39 anos de idade e três crianças entre 4 e 8 anos (PROUS & SCHLOBACH, 1997; Figura 5). Um destes apresentou uma antiguidade de 7960±60, e o mais recente datado de 810±40 AP (PROUS & SCHLOBACH, 1997) significando que este lugar é ocupado desde o Holoceno inicial até o Holoceno recente. Neste último foram encontrados fragmentos cerâmicos dentro da fossa junto com a criança enterrada. Também apresenta um invólucro na cabeça de fibras vegetais.

Todos eles foram escavados dentro da parte mais abrigada do sítio e, a julgar pelas camadas em que as fossas se iniciam, em momentos de ocupação bastante distintos. Mesmo assim, os sepultamentos do Malhador foram encontrados em uma área específica mais abrigada do sítio, o que sugere que tal área – bem como o sítio em si – se tratava de um lugar especial para as populações pretéritas e seus ritos funerários ao longo dos milênios.

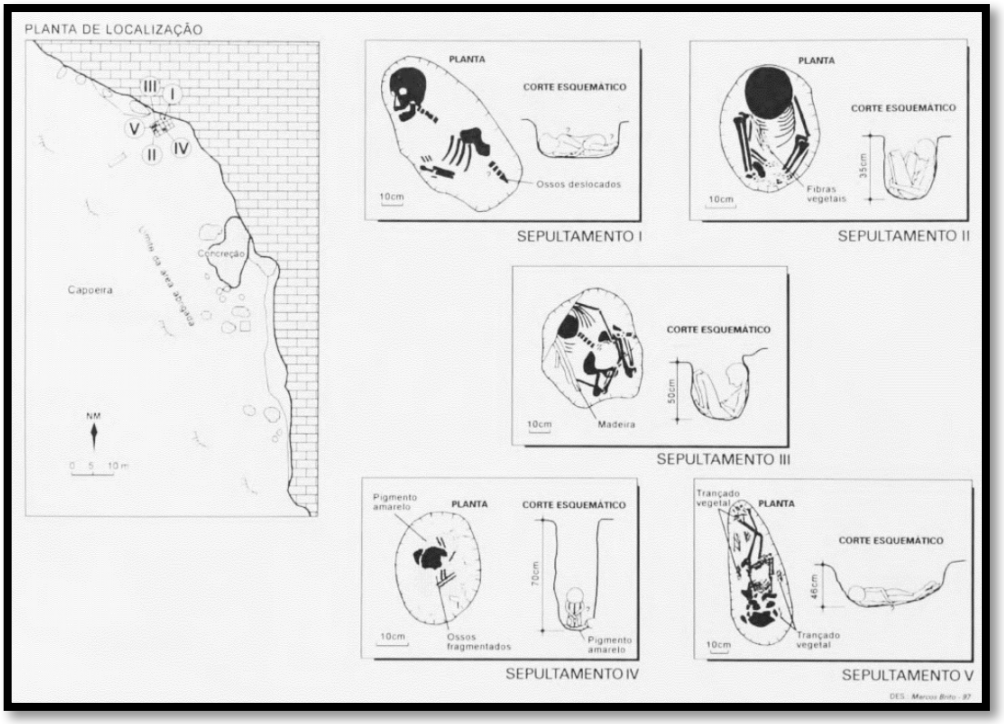



Figura 5: Sepultamentos do Malhador. Retirado de Prous & Schlobach, 1997.

Os sedimentos que compõem a estratigrafia do sítio Abrigo do Malhador foram analisados por Vasconcelos e colegas (2013) numa perspectiva pedoarqueológica. Os autores interpretaram as camadas como provenientes de fontes alóctones distintas, subsequentemente submetidos a ação antrópica, assim formando os Antropossolos de abrigo sob rocha. As camadas contendo marcas de antropização apresentam um alto teor de P (fosfato), proveniente da apatita (encontrada em todas as frações) dos ossos depositados no solo (VASCONCELOS et al, 2013).

Restos de fauna também foram encontrados, sendo a maioria destes consistindo em animais de médio a pequeno porte. Dentre os mais abundantes deles estão os resquícios de conchas de estrofoqueiros, estando tanto em associação às fogueiras como demonstrando marcas de utilização pelos povos pretéritos, usados como plainas, no entanto, esses gastrópodes possuem o hábito de se enterrar no solo a procura de umidade.

Outro tipo de vestígio importante encontrado no Abrigo do Malhador foram as fogueiras. Durante as escavações ocorridas na década de 1990, uma incrível quantidade de 16 fogueiras foi encontrada nos níveis superficiais (camada zero). Vários vestígios são encontrados nessas fogueiras como fragmentos cerâmicos, lascas de peças líticas como silexitos, coquinhos de guariroba que podem ter sido restos de alimentação e/ou combustível para a fogueira, os dois primeiros não são muito frequentes. Além destes também foram achados ossos calcinados, podendo ser faunísticos ou pertencentes a seres humanos.

Grafismos rupestres são definitivamente os vestígios mais aparentes do sítio e ocupam quase a totalidade do paredão que forma o abrigo. As pinturas são antropomorfas, fitomorfas, zoomorfas e geométricas e as cores variam de amarelo, branco, vermelho e preto, podendo cada figura ser composta de apenas uma cor (monocrômica) ou duas (bicrômica). Na região do Peruaçu são encontrados sítios com pinturas rupestres que apresentam ainda mais cores em sua composição (policromia). Além destes, também ocorrem gravuras, resultado de uma técnica de picoteamento de linhas incisas em padrões similares às pinturas rupestres. Algumas matérias primas necessárias para artes rupestres como as pinturas encontram-se, quando não disponíveis dentro do abrigo, a 5 km de distância do sítio (SCHLOBACH, 2000).

As cerâmicas encontradas nas escavações da década de 1990 nas escavações do abrigo concentram-se em sua maioria nos primeiros níveis e diminuem em profundidade. Os fragmentos foram identificados como sendo da tradição Una e Tupiguarani, que são duas tradições recorrentes na região do Peruaçu. A tradição Una aparece nos níveis inferiores e são compostas por vasos pequenos, paredes finas e sem muitas decorações, diferentes das Tupiguarani que apresentam uma parede mais grossa com engobe.

Os elementos líticos encontrados nas escavações estão presentes em todas as camadas do sítio na forma de lascas de silexito com marcas de fragmentação térmica, provavelmente associadas às fogueiras. Além dos materiais silicosos, os ocupantes antigos do abrigo também utilizaram calcário, que igualmente apresenta traços de contato com o fogo (LOURENÇO, 2024).

Até o momento, não foram encontradas indústrias líticas sobre núcleos no sítio, como peças unifaciais, bifaciais ou indústrias sobre quartzos, que são comuns em outros sítios da região. Diferentes etapas de lascamento foram observadas em todas as camadas escavadas, incluindo façonagem, debitagem e lascas de retoques. Métodos de lascamento para o calcário também foram identificados, visando a formação de plaquetas trabalhadas até obter gumes cortantes.

# 4. CONCEITOS NORTEADORES

## 4.1 Solo, sedimentos e intervenções antrópicas

Solo e sedimentos são dois conceitos importantes a este estudo, principalmente quando adjetivados de antrópicos. De acordo com Santos et al. (2018), o solo pode ser definido como:

> (...) uma coleção de corpos naturais constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais e dinâmicas. São formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do planeta, contendo matéria viva e podendo ser vegetados na natureza, onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (SANTOS, 2018).

Já os sedimentos, enquanto partículas soltas de distintas granulometrias, formam os pacotes sedimentares, que são sequências de camadas ou estratos que foram depositados em um ambiente específico ao longo de um determinado período. Cada camada ou estrato dentro do pacote sedimentar representa uma unidade distinta de deposição, que pode ser identificada por suas características físicas, químicas e biológicas, como composição mineral, textura, estrutura sedimentar, fósseis e cor.

O sedimento diferencia-se do solo por um processo especifico na sua gênese: o transporte. Em geral, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) classifica os solos de acordo com seus horizontes, que são camadas diferenciais formadas *in situ*. O transporte nesses casos pode até ocorrer, mas de maneira vertical dentro do perfil ou ao longo de uma sequência topográfica, como uma vertente (translocação). Já os sedimentos formam camadas a partir da deposição de materiais alóctones, que foram transportados por algum agente e podem ter sua fonte em distâncias relevantes em relação ao local onde foram depositados. O transporte sedimentar pode ocorrer de maneira mecânica ou química. Contudo, seu conteúdo ou origem, apesar de aceitar uma diversidade de atributos (química, mineralógica ou orgânica), deve passar pelo processo de deslocamento e eventual deposição em determinado ambiente.

Para que solos e sedimentos sejam adjetivados de arqueológicos, alguns aspectos devem ser considerados. Ambos podem sofrer algum tipo de perturbação humana, sendo

ela posterior, anterior ou concomitante à sua formação. Independente disso, há uma particularidade que faz com que eles sejam arqueológicos ou não. De acordo com Villagrán, "a mera modificação de um depósito natural por resíduos de atividades humanas não é suficiente para chamar um sedimento de arqueológico, se não pudermos extrair dessa modificação informações sobre o comportamento humano pretérito" (VILLAGRÁN, 2008). Dessa maneira, a definição de sedimento e solo arqueológicos está atrelada ao potencial informativo que estes fornecem ao pesquisador. Cada cientista pode compilar informações diferentes sobre os mesmos solos e sedimentos estudados, denotando um dos inúmeros paradoxos de uma ciência como a Arqueologia.

O processo responsável pela formação de solos é chamado de pedogênese, ocorrendo quando processos químicos e físicos, somados a outros fatores ao longo do tempo, causam a formação do solo. Os fatores formadores de solos costumavam incluir os seres humanos e seus impactos na categoria "organismos" (DUDAL, 2005). Recentemente, os humanos passaram a ser considerados como um fator em separado, dada as especificidades da sua atuação. Isso porque as atividades humanas podem impactar o solo direta ou indiretamente e compreendem uma variada gama, sendo muitas vezes mediadas pelas escolhas e por aspectos culturais, sociais e econômicos. De acordo com Dudal (2005), intervenções humanas diretas incluem, como exemplo, uso do arado, calagem, adubação, fertilização, enterramentos, etc e intervenções indiretas ocorrem através da alteração dos fatores naturais de formação de solo, como a alteração da vegetação pelo desmatamento, a alteração do relevo pelo nivelamento e terraplenagem, a alteração do regime de umidade pela irrigação e drenagem, a alteração da rocha-mãe através do transporte, despejo ou a exploração de turfa e rochas pela erosão e sedimentação, entre outras.

O aprimoramento das técnicas e o uso do território pelos humanos ao longo dos milênios causam impactos que operam em conjunto com a pedogênese. Seja pelo acúmulo de matéria orgânica ou o desmatamento da cobertura vegetal, a interferência humana afeta o solo. Richter (2007) aponta para uma variedade de propriedades do solo susceptíveis a serem afetadas pelas forças humanas em sua escala cronológica específica. De acordo com o autor, as propriedades "dinâmicas" são aquelas que se alteram em questão de décadas, como carbono orgânico, acidez e salinidade, carga da superfície dependente de pH, densidade e porosidade do solo, entre outras. As "vagarosas" são as que se alteram ao longo de séculos, como óxidos de Fe e Al, substâncias húmicas

estabilizadas, argila iluvial, frações ocluídas de C, N, P etc. E as persistentes, que se alteram ao longo de milênios, como textura e volume da rocha.

Ao longo da ocupação de determinados lugares escolhidos pelas populações do passado, os tipos de atividades realizadas e sua frequência em um mesmo local deixam grande parte de suas marcas registradas no solo. Em muitos casos, essas marcas podem ser alterações como mostram os diferentes tipos de Arqueoantrossolos brasileiros.

O termo "antropossolo" (ou "antrossolo") não delimita um período, de maneira que esses solos ainda podem ser formados atualmente. Portanto, solos formados com presença de atividade humana pretérita entram na categoria de "Arqueoantrossolos", referindo-se ao contexto de "formação antiga", conforme designado por Kämpf *et al*. (2003). Este termo abarca solos expostos à atividade humana prolongada e modificados com contínua adição de matéria orgânica e outros artefatos, distinguindo-se, por conseguinte, dos solos de seu entorno que não contenham marcas de alteração humana. No Brasil, existem três tipos de arqueoantrossolos: as Terras Pretas Arqueológicas (TPA ou dark earths); os solos de sambaquis; e solos formados em abrigos sob rochas.

As TPAs são formadas através de um acúmulo intencional de matéria orgânica no solo pelo ser humano durante um longo do tempo. Estas são identificadas pela cor mais escura (brunado escuro a preto) e maior espessura do horizonte A. Além disso, ainda podem apresentar vestígios como fragmentos ósseos e cerâmicos, partículas de carvão, elevado pH e alta concentração de elementos químicos característicos de presença humana, como C orgânico, Ca e P (KERN & KÄMPF, 2005). A ação humana aumentou a fertilidade dos solos em que as TPAs ocorrem, sendo elas predominantemente encontradas próximas a rios e corpos de água (KERN *et al*., 2009).

No caso dos sambaquis, a ação humana também se mostrou importante na formação de solos. Os sambaquis são montes construídos resultantes da acumulação de moluscos, restos arqueofaunísticos (muito provavelmente alimentícios) e sepultamentos. A antropopedogênese em tais sítios foi evidenciada por um estudo recente que demonstrou que a queima realizada no local foi responsável por um processo cimentante, apresentando características "similares a um horizonte petrocálcico" (LADEIRA, 2021).

Os sambaquis ocorrem com frequência no litoral brasileiro e são edificações formadas por acumulações humanas em local de habitação ao longo do tempo (GASPAR,

1999). Seus processos pedogenéticos desenvolvem-se a partir das conchas, resíduos vegetais, esqueletos humanos, fragmentos cerâmicos, restos alimentícios e de fogueiras feitas por povos que tinham como base alimentar a caça, a coleta e a pesca. Os solos de sambaquis apresentam cor escura e, assim como era de esperar em ambiente com uma concentração de depósitos humanos, teores elevados de C orgânico, Ca, Mg, K, Zn, Cu e P (VILLAGRÁN, 2008). Contam ainda com uma vasta diversidade de artefatos representada em instrumentos como quebra-cocos, martelos, bigorna, batedores e zoólitos (PROUS, 2019).

Além de um solo, o sambaqui também representa um relevo antrópico, pois ao longo da ocupação, as atividades desenvolvidas e, principalmente, o material depositado, fazem com que a elevação do terreno possa atingir alturas significativas, como os sambaquis com 70 metros de altura e 500 metros de comprimento observados por Deblasis *et al*., (2007), conferindo a esses tipos de sítios arqueológicos uma notável monumentalidade. São considerados por alguns autores como monumentos carregados de intencionalidades e marcam complexos sistemas socioculturais (SILVA, 2017).

Os solos em abrigos são diferentes. Os abrigos sob rochas são locais propícios a ocupações humanas, uma vez que oferecem proteção contra intempéries como chuvas e ventos. Assim, a presença humana pretérita é fartamente evidenciada em sítios sob abrigos. Em escavações de solos de abrigos, são encontrados materiais líticos lascados, estruturas contendo resquícios vegetais, sementes carbonizadas, fragmentos de carvão, restos de fogueiras, sepultamentos humanos e uma rica presença de pinturas e gravuras rupestres nos paredões cársticos, denotando certa frequência de uso dos locais (PROUS, 2019). Camadas com marcas de presença humana também foram encontradas com alteração da composição mineralógica do solo pelo uso do fogo, resultando na presença de minerais magnéticos como a maghemita (VASCONCELOS *et al*., 2013).

A presença de fogueiras em abrigos contribui significativamente para a alteração das propriedades originais do solo. Elementos químicos são agregados devido à carbonização, ocorrendo uma recristalização de minerais como hematita e goethita, aumentando assim sua susceptibilidade magnética, conforme percebido em outros tipos de abrigos calcários (SOUSA *et al*., 2014) e quartzíticos (SOUSA *et al*., 2015). A magnetização é um atributo tão característico de solos antrópicos e de atividades humanas

(fogo) que avaliações de susceptibilidade magnética são utilizadas para definir áreas a serem priorizadas em trabalhos subsequentes (CARDOSO *et al*., 2016).

Fica evidente que a ação humana em solos arqueológicos é capaz de causar sua perturbação, configurando também o sexto fator de formação de solos (DUDAL, 2005), entrando na categoria "*Human made diagnostic horizons*" (Horizontes diagnósticos feitos pelo humano). Atualmente, o potencial de formação de solos e influências na pedogênese pelos humanos cresceu exponencialmente devido à agricultura extensiva e aos acúmulos de rejeitos e lixos industriais, tendo como resultados os Antrossolos e Tecnossolos, respectivamente (DIAS, 2007). Tais estudos deixam claro que as atividades humanas são as principais responsáveis pela alteração química dos solos em que atuam. As vivências em determinados lugares invariavelmente deixam resíduos orgânicos que interagem quimicamente com os solos, influenciando na pedogênese que ocorre tanto no momento de deposição quanto após.

Muitos arqueólogos definem a Arqueologia como o estudo do ser humano através de sua respectiva materialidade deixada no registro arqueológico, que pode variar de estruturas enterradas até monumentos ou ruínas que ainda se encontram sobre o solo. Segundo Trigger, a Arqueologia "procura explicar o que aconteceu a um grupo específico de seres humanos no passado e fazer generalizações a respeito do processo de mudança cultural (...) [através] de materiais remanescentes do que as pessoas fizeram e usaram, e do impacto físico de sua presença no meio ambiente" (TRIGGER, 2004).

Contudo, é preciso considerar que o termo "impacto físico" trazido por Trigger implica que a Arqueologia estuda não apenas elementos diretos como artefatos deixados pelas pessoas, mas também os indiretos, não contando necessariamente com a materialidade, sendo marcadores químicos e manchas escuras no solo exemplos citáveis destes. Considerando que os fatores humanos não são os únicos a afetar o registro arqueológico, como também os processos tafonômicos naturais, em se tratando de materialidade enterrada, o solo parece ser o principal recipiente que abarca essa dualidade.

As elaborações de Schiffer nos permitem pensar em dicotomias cultural/natural e deposicional/pós-deposicional aos depósitos arqueológicos, tornando-se um novo tema de estudo para a Geoarqueologia. Villa e Estevez (2000), por exemplo, incorporam a visão dialética de Engels no estudo de estratos arqueológicos. Os autores mostram que as

ações humanas também são capazes de influenciar fatores que desempenham um papel na sedimentação, fazendo com que seu impacto esteja presente, mesmo que indiretamente, nos depósitos de um sítio arqueológico. De tal maneira, torna-se impossível avaliar os artefatos separadamente dos depósitos sedimentares. Os estratos arqueológicos são, portanto, um registro da amálgama entre os processos antrópicos e naturais, e, sendo que ambos ocorrem simultaneamente no registro, é necessário o esforço de investigá-los conjuntamente. Assim, denota-se a importância e a pertinência do uso da Geoarqueologia, em conjunto com seus métodos e conhecimentos, no estudo dos Arqueoantrossolos.

# 5. ARTIGO CIENTÍFICO

## HORIZONTES BRUNADOS COMO INDICADORES DA PEDOGÊNESE EM SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS ABRIGADOS: o caso do Abrigo do Malhador, Vale do Rio Peruaçu, MG[1]

### 5.1 Introdução

Solos antrópicos são aqueles afetados e/ou construídos por atividades humanas, e tem sua origem associada a três mecanismos principais: i) selagem de solo natural, com pavimentação ou materiais impermeáveis; ii) transformação de solos naturais pela ação humana como consequência do seu uso e iii) desenvolvimento de perfis de solo a partir de materiais criados e depositados por ações humanas (HOWARD, 2017). Podem ser agrupados em razão das práticas humanas no espaço e no tempo, geralmente sendo organizados em solos antrópicos agrícolas, urbanos, relacionados à mineração e arqueológicos.

Solos arqueológicos, ou Arqueoantrossolos, são produzidos a partir das escolhas de grupos humanos do passado, que através de suas distintas atividades, ocupam áreas e nelas depositam materiais criados ou mobilizados culturalmente. Isso pode ocorrer tanto em sistemas dinâmicos, caracterizados pela atuação de processos deposicionais e erosivos, quanto em sistemas estáveis, onde há ocupação sobre uma área com predomínio da pedogênese (WATERS, 1992). Com o tempo, a atuação conjunta dos fatores de formação (clima, relevo, tempo, organismos) sobre os materiais de origem que misturam constituintes minerais e orgânicos naturais locais e aqueles depositados pelos humanos, conduzirão a processos responsáveis pela pedogênese nos sítios arqueológicos. Nos sistemas dinâmicos, os sedimentos dispostos em estratos podem ser transformados em horizontes, criando uma sucessão de paleo-arqueoantrossolos. Nos sistemas estáveis, o espessamento dos horizontes superficiais pode ocorrer concentrando em uma única camada os vestígios de distintos períodos de ocupação. No Brasil são reconhecidos três tipos principais de Arqueoantrossolos: Terras Pretas Arqueológicas, solos sob abrigos e solos de sambaquis.

[1] Brownished Horizons as Indicators of Pedogenesis in Sheltered Archaeological Sites: The Case of the Malhador Shelter, Peruaçu River Valley, MG

Arqueoantrossolos em sítios sob abrigos e entradas de cavernas geralmente expressam sistemas dinâmicos, e a variação entre sedimentação, erosão e pedogênese é uma trajetória comum desses ambientes. Normalmente, essas áreas são afetadas pela chegada de sedimentos do ambiente externo por cones de dejeção e dos próprios afloramentos de rocha do local, que se misturam e encobrem os vestígios deixados pela ocupação humana em diferentes momentos. Embora seja menos frequente que em sítios a céu aberto, a pedogênese sobre material sedimentar pode ocorrer e geralmente envolve a colonização biológica da área, com crescimento da vegetação e decomposição da matéria orgânica. Por isso, um dos indicadores pedoestratigráficos mais importantes é a presença de horizontes organo-minerais A, bem como de estruturas pedológicas que obliteram as estruturas sedimentares.

Horizontes A antrópicos representam um dos mais importantes indicadores diagnósticos da presença de solos afetados por atividades humanas e são incluídos em distintos sistemas de classificação de solos. A Soil Taxonomy (SSS, 2014) propõe um epipedon antrópico que "consiste em material de solo mineral que mostra evidências de alteração intencional das propriedades do solo ou das características da superfície terrestre por atividade humana". Esse horizonte se baseia em evidências de campo e excluem práticas agrícolas, como aragem superficial ou adição de fertilizante. O sistema ST utiliza o prefixo HART (Alterados e Transportados por Humanos), definido a partir de um conjunto de atributos e de uma lista de horizontes diagnósticos de superfície e subsuperfície que podem estar presentes. Na WRB (IUSS Working Group WRB, 2015), classes especificas para os solos antrópicos estão presentes, sendo elas os Anthrosols e os Technosols. Os Anthrosols são definidos pela presença de horizontes superficiais superiores a 50 cm com material adicionado (Anthrosols Irragric, Hortic, Plaggic, Pretic, Terric), ocorrendo também o Anthrosols Hydragric com antigo manejo agrícola de áreas sob alagamento. Os Technosols se relacionam aos solos produzidos em áreas urbanas, estradas, minas, aterros sanitários, derramamentos de óleo, depósitos de cinzas volantes de carvão, sendo que dois tipos de materiais diagnósticos tecnogênicos são descritos em particular: artefatos, que são criados, substancialmente modificados ou trazidos à superfície pelos seres humanos, sem alterações substanciais subsequentes nas propriedades químicas ou mineralógicas, e material consolidado e relativamente contínuo resultante de um processo industrial.

Uma das propriedades mais marcantes dos horizontes A antrópicos são as cores brunadas e pretas, incluindo a presença de artefatos humanos. Especialmente pelo efeito da matéria orgânica, camadas com essas cores levaram diversos estudos a indagarem a atuação da pedogênese em sítios arqueológicos. Contudo, a diversidade de processos atuantes revela que a origem dessa cor pode ter significados múltiplos, inclusive para a interpretação pedoarqueológica. Por exemplo, em solos desenvolvidos sobre sambaquis, horizontes escuros ricos em matéria orgânica podem significar momentos de abandono dos sítios pelos grupos humanos, com a decomposição do substrato rico em conchas pelo estabelecimento de condições ácidas associadas ao crescimento da vegetação. Em outros sítios, como nas Terras Pretas, seu significado está relacionado à adição geralmente intencional de material orgânico e não orgânico nos primeiros metros da superfície, incluindo o uso do fogo, que, com o tempo, formam os espessos epipedons que definem esses solos.

No Vale do Rio Peruaçu, norte do estado de Minas Gerais, um conjunto de sítios arqueológicos tem despertado o interesse da Arqueologia há 40 anos (PROUS & RODET, 2009). Os estudos revelaram que a região vem sendo ocupada há pelos menos 12.000 BP, com sítios que se tornaram referência para compreender as ocupações humanas na transição Pleistoceno-Holoceno do Brasil Central. Em diversos sítios sob abrigos e em cavidades dessa região as camadas superficiais apresentam cores brunadas que contrastam com as cores rosáceas e avermelhadas em profundidade. Esse é o caso do sitio "Abrigo do Malhador", que possui escavações realizadas na década de 1990 e, mais tarde, após 2021. Trata-se de um sítio relevante para contar a história de ocupação antiga do Vale, localizado na sua entrada no sentido a montante.

Este estudo objetivou investigar a origem das camadas de cores brunadas na superfície do sítio arqueológico "Abrigo do Malhador", a partir de análises físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas. Nossos resultados ampliam o estado a arte do conhecimento geoarqueológico e pedoarqueológico da região, em sentido amplo, dos mecanismos de formação de sítios arqueológicos sob abrigos calcários.

## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

## 6.1 Área de estudo

O Vale do Rio Peruaçu, afluente do rio São Francisco, está localizado no norte do estado de Minas Gerais (Figura 6). Embora a bacia do Rio Peruaçu possa ser compartimentada em distintas unidades, incluindo desde um setor arenítico a montante, passando pelo setor cárstico carbonático no médio curso e atravessando um setor de coberturas aluviais antigas associadas aos depósitos do Rio São Francisco, será dado um destaque para o contexto cárstico, onde a área de estudo está localizada. Grande parte da área integra a uma unidade de conversação mundialmente conhecida, o Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, criado no ano de 1999.

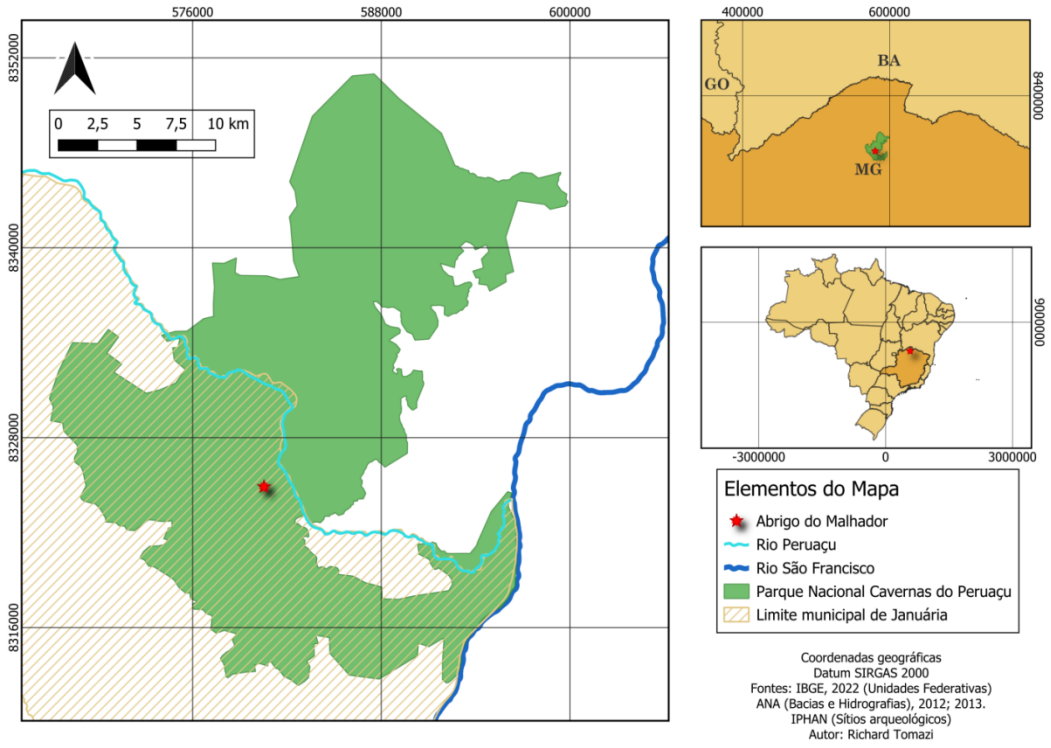



Figura 6: Localização da área de estudo, Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.

A geologia deste setor é caracterizada por rochas carbonáticas, com destaque para calcários e dolomitos, e pelíticas (siltitos principalmente) da Megassequência Bambuí, de idade neoproterozoica média e superior, depositadas sobre rochas cristalinas (granitos e gnaisses) arquenas a paleoproterozoicas (ALKMIM & MARTINS NETO, 2001). No alto curso da bacia do rio Peruaçu ocorrem também rochas silliciclásticas, como arenitos, associados ao Grupo Urucuia, de idade cretácica. Os calcários, que são as rochas mais

importantes do carste na área de estudo, são pouco deformados e incluem uma diversidade faciológica, com predomínio de calcários cristalinos calcíticos laminados com cores que variam de cinza claro a médio e creme, com estratificações plano-paralelas de espessura centimétrica (PILÓ, 1997; TEIXEIRA-SILVA, 2011), e calcários maciços e brechados, com fragmentos angulares e acamamento predominantemente horizontal, podendo apresentar dobras cilíndricas abertas

A evolução geomorfológica do carste está ligada a um controle de fatores lito-estruturais locais e regionais (KOHLER *et al*., 1989; MOURA, 1998; PILÓ, 1989). Inicialmente, os calcários estavam recobertos por rochas siliciclásticas. Na medida em que a denudação foi removendo essa cobertura, a carstificação subterrânea teve início, até ser intensificada com a exposição do pacote rochoso carbonático. Durante o Plio-Pleistoceno (MOURA, 2009b), formou-se o fluviocarste com redes internas de condutos e drenagens, além do abatimento de blocos e tetos, resultando em dolinas e claraboias. A intensificação dos abatimentos durante o Pleistoceno levou à retração dos paredões e formação do cânion por onde houve a exposição aérea do canal em algumas partes. Com a abertura de diversas frentes de cavidades, formaram-se os abrigos calcários, hoje expressos na paisagem na forma de entradas de cavernas e paredões calcários com recuo negativo da topografia na base.

A vegetação que cobre a área cárstica caracteriza-se por um mosaico de formações florestais e campestres. Inclui a Mata Estacional Decidual, a Mata Seca, predominante nas encostas, áreas de solos rasos e vales secos, a Floresta Ciliar ao longo das margens dos canais, os capões florestais na entrada de algumas cavidades e uma vegetação xeromórifca sobre afloramentos de calcário, com muitas cactáceas. O cerrado (savana) *strictu sensu* também está presente, mas geralmente associado a substratos de rochas ácidas pelíticas ou arenosas. Essa vegetação é sustentada por uma diversidade de solos, mas com expressivo predomínio no setor cárstico dos CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutróficos e dos NEOSSOLOS LITOLICOS. Solos distróficos (LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS principalmente) ocorrem apenas nas partes em que o carste encontra-se ainda recoberta pelas rochas siliciclástica ou associados a rochas pelíticas, como siltitos. A distribuição da vegetação segue um controle edáfico, alinhado ao clima regional, que é do tipo Aw (de acordo com Köppen), com temperatura média anual de 24ºC e precipitação média anual de 876,7 mm (MOURA, 1998). O período chuvoso e de maiores temperaturas vai de Novembro a Abril e mais secos e amenos de Maio a Outubro.

O sítio Abrigo do Malhador está inserido na porção de entrada do cânion fluviocárstico do Rio Peruaçu, sentido jusante para montante, em um vale que sugere um antigo afluente desse rio ou mesmo seu paleocurso. O setor abrigado do sítio se estende até mais ou menos 80 metros de comprimento, sendo a área total do sítio de 800m². O sítio está localizado abaixo de um paredão de calcário laminado, que se eleva em torno de 50 metros de altura (Figura 7), e apresenta espeleotemas antigos, representativos de uma fase em que o sistema cárstico esteve fechado. Em se tratando de vestígios arqueológicos, o sítio apresenta pinturas rupestres, fogueiras, coquinhos queimados, material lítico - alguns apresentando marcas de lascas criadas pelo fogo -, ossos de animais e cinco sepultamentos encontrados na década de 1990. Os sepultamentos mais antigos datam de 7960±60, e o mais recente de 810±40 AP (PROUS & SCHLOBACH, 1997) significando que o abrigo é ocupado desde o Holoceno inicial até o Holoceno recente.

Figura 7: Imagens das escavações realizadas no Sítio Abrigo do Malhador, em setembro de 2021. Visão panorâmica do sítio (A); Quadras X7, X8, Y7 e Y8 (B); Paredão cárstico que abriga o sítio (C); Camada brunada com fragmentos de carvão (D); Desenho de perfil (quadras S11 e S12) (E); Método de decapagem (F). Fotos: Acervo Latel.

## 6.2. Amostragem e preparação das amostras

O estudo foi realizado a partir da identificação, descrição e amostragem de níveis naturais expostos em escavação arqueológica realizada no ano de 2021. A escavação foi conduzida numa área de 6 $m^2$, separada em quadras de 1 $m^2$, sendo elas S11, S12, X8, X8, Y7 e Y8 (Figura 7), onde foram realizadas decapagens por níveis naturais, identificados com base nas diferenças de cores, texturas e consistência aferidas durante a escavação. Sempre no início de cada nível, era realizada a descrição de alguns atributos pedoestratigráficos (estrutura pedológica ou sedimentar, consistência, cor, textura, raízes, transição, etc) e coletada uma amostra de volume controlado (AVC), ou seja, uma amostra composta deformada de seis litros, dos quais dois foram separados para análises. A junção dos níveis compõe uma camada arqueoestratigráfica, por exemplo, os níveis I superior, I médio e I inferior compõem a camada I. Ao final da escavação, os perfis de cada quadra foram desenhados com a intenção de obter um melhor conhecimento da estratigrafia no corte vertical. Todos os procedimentos foram registrados em fichas, cadernetas de campo, plantas, croquis.

Foram selecionados sedimentos de todos os níveis naturais e de todas as quadras escavadas em 2021, totalizando 39 amostras. As amostras foram preparadas no Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geociências da UFMG. Após serem secas ao ar, as amostras foram peneiradas em malha de 2mm para constituir Terra Fina Seca ao Ar – TFSA (Figura 8). O material retido na peneira foi pesado e separado para estudo dos vestígios arqueológicos presentes. Alíquotas foram separadas para análises físicas, químicas e mineralógicas.

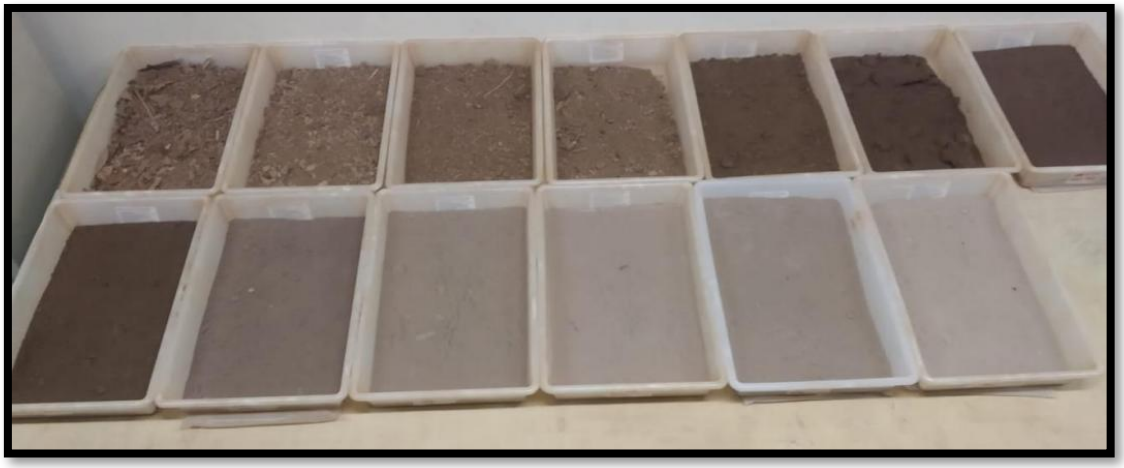


Figura 8: TFSA separadas por níveis para a secagem, evidenciando as cores mais brunadas dos níveis superficiais e rosado-acinzentadas dos níveis inferiores.

Além disso, foram coletadas para todos os níveis, e nos contatos entre eles, amostras indeformadas em caixas de papelão, embaladas em filme plástico e protegidas para o transporte até o laboratório. Essas amostras foram secas em estufa e submetidas ao Laboratório de Laminação do Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa, para a confecção de seções delgadas e polidas. Foram utilizados os procedimentos recomendados por Castro e Cooper (2019). Também foram coletadas amostras de carvões em áreas com estruturas de combustão (fogueiras) para datação radiométrica do $C^{14}$, seguindo protocolos recomendados pelo laboratório onde as análises foram realizadas.

## 6.2 Análises laboratoriais

Foram realizadas análises físicas (granulometria), químicas, mineralógicas, geocronológicas e micromorfológicas com as amostras coletadas. Além disso, os resultados das análises químicas foram tratados por testes estatísticos e os perfis foram classificados de acordo com distintos sistemas taxonômicos.

A análise física foi realizada no Laboratório de Solos Viçosa Ltda. As frações granulométricas areia, silte a argila foram quantificadas a partir de amostras de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) utilizando solução de hexametafosfato de sódio 0,01 mol.L-1 como dispersante; seguida de dispersão mecânica com utilização de agitação lenta de 50 rpm por 16 h (Ruiz 2005). A fração areia grossa (0,2 - 2 mm) e areia fina (0,05 - 0,2 mm) foram obtidas por tamisação, a fração argila (< 0,002 mm) foi determinada por pesagem por amostra obtida utilizando o método da pipeta (Leis de Stokes), e a fração silte (0,002 - 0,05 mm) foi obtida por diferença. As classes texturais foram determinadas utilizando o triangulo textural de acordo com Santos *et al*. (2015).

A análise química foi realizada no Laboratório de Solos Viçosa Ltda., de acordo com os métodos descritos por Embrapa (2017) sendo: o pH em água foi medido com eletrodo de vidro, em suspensão solo/água na proporção 1: 2,5. Os cátions trocáveis $Al^{3+}$, $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$ foram extraídos em solução por KCl 1 $mol.L^{-1}$ e quantificados por espectrometria de absorção atômica; Os teores de $Na^{+}$ e $K^{+}$ foram extraídos com a solução Mehlich-1 (HCl 0,05 $mol.L^{-1}$ e $H_2SO_4$ 0,0125 $mol.L^{-1}$) e quantificados por espectrometria de chama). O fósforo disponível (P) foi extraído com a solução Mehlich-1 e quantificado em espectrômetro UV-VIS, na presença de ácido ascórbico. A acidez potencial (H+Al), foi extraído com acetato de cálcio 1 $mol.L^{-1}$, a pH 7,0, e quantificados por titulometria com NaOH (0,025 $mol.L^{-1}$). O carbono orgânico total (COT) foi realizado conforme Yeomans & Bremner (1988).

A partir dos resultados de $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , $Na^{+}$ , $K^{+}$ , $H^{+}$ e $Al^{3+}$, foram calculados SB = ($Ca^{2+}$ + $Mg^{2+}$ + $Na^{+}$ + $K^{+}$ ); a CTC a pH 7 (T) = SB + ($H^{+}$ + $Al^{3+}$), a CTC efetiva (t) = SB + ($Al^{3+}$), a saturação por bases (V %) = SBx100/T e saturação por $Al^{3+}$ (m %) = $Al^{3+}$ x 100/ t conforme Embrapa (2017).

Também foram realizados tratamentos estatísticos das propriedades físicas e químicas utilizando o software Minitab® 19, envolvendo três etapas: i) elaboração do quadro de estatística descritiva, com média, desvio padrão, valores máximos e mínimos; ii) análise de cluster para verificar a existência de possíveis agrupamentos das amostras; e iii) análises de componentes principais (Principal Component Analysis – PCA) para a discriminação dos possíveis grupos e variáveis correlacionadas.

Duas amostras, sendo uma do nível de cor mais brunada (0 sup) e uma do nível rosa-acinzentado (I inf) foram selecionadas para análise mineralógica por Difratometria de Raio-X (DRX). Foram preparadas lâminas em pó total (TFSA) para leitura em

difratômetro PanalyticalX'Pert Empyrian (radiação CuKα) entre 4 e 90° 2θ, a uma velocidade de varredura de 0,1° 2θ. $sec^{-1}$, com potencial de 40 kV e um corrente de 40 mA com tubo de ânodo de cobre. Os difratogramas foram interpretados no Software X'Pert HighScore Plus e na tabela proposta por Chen (1977). Estas análises foram realizadas no Laboratório de Caracterização de Materiais do Departamento de Engenharia de Minas (UFMG). Adicionalmente, testes simplificados com o uso de ímãs foram realizados para verificar a presença ou não de minerais com atração magnética.

As lâminas (ou seções) delgadas preparadas a partir das amostras indeformadas foram descritas e fotografadas em microscópio petrográfico da marca Zeis conforme proposto por Stoops (2021) e Castro e Cooper (2019). Foi adotado o limite de 0,05 mm para a separação entre frações grossas e finas do fundo matricial, seguindo recomendações de Stoops (2021) para materiais carbonáticos. Seções finas nas lâminas foram selecionadas para análise em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e posterior mapeamento microquímico pela espectroscopia de raios-X por dispersão de energia (EDS), modelo JSM-5510, do Centro de Microscopia da UFMG. A sonda EDS foi usada para obter mapas microquímicos e análises de fontes pontuais. Os seguintes elementos foram analisados: Si, Al, C, P, K, Fe, Mn, K, Na, Ti e Ca.

Para análises geocronológicas, foram amostrados fragmentos de carvões em quatro estruturas intactas de fogueiras. Três delas estão localizadas na base da camada de cor brunada e uma na base da maior profundidade escavada no ano de 2021. As idades dos carvões foram obtidas por datação de $C^{14}$, utilizando a técnica de Espectrometria de Massa por Acelerador (AMS), conduzida pelo Laboratório Beta Analytic Inc. (EUA). As idades foram calibradas usando o software OxCal 4.4 (2021), com a curva de referência SHCal20 (HOGG *et al*. 2020).

## 6.3 Classificação do solo

A classificação de solos afetados e/ou construídos por atividades humanos é tema de debate no Brasil. Foi realizada a tentativa de enquadramento das porções superficiais de cores brunadas como horizonte A antrópico de distintos sistemas taxonômicos: o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo - SiBCS (SANTOS *et al*., 2018), a *Soil Taxonomy* (SSS, 2015), o *World Reference Base* (WRB) (IUSS Working Group WRB, 2015) e a legenda de classificação de arqueoantrossolo proposto por Kämpf *et al*. (2003).

Tal proposta vem sendo frequentemente utilizada para classificar solos antrópicos antigos, pois organiza as muitas variedades desses solos em grupo (classes) conforme sua similaridade e critérios baseado em propriedades do solo observáveis (morfologia) ou mensuráveis (química e físicas).

# 7. RESULTADOS

## 7.1 Níveis e camadas

Foram reconhecidas três camadas arqueoestratigráficas até a profundidade máxima escavada no ano de 2021: as camadas 0 (zero), I (um) e II (dois). Essas camadas são compostas por níveis que, durante a escavação, contribuem para um melhor reconhecimento da transição entre os estratos. A Figura 9 apresenta as camadas e níveis, e seus atributos morfológicos e principais vestígios arqueológicos são detalhados a seguir.

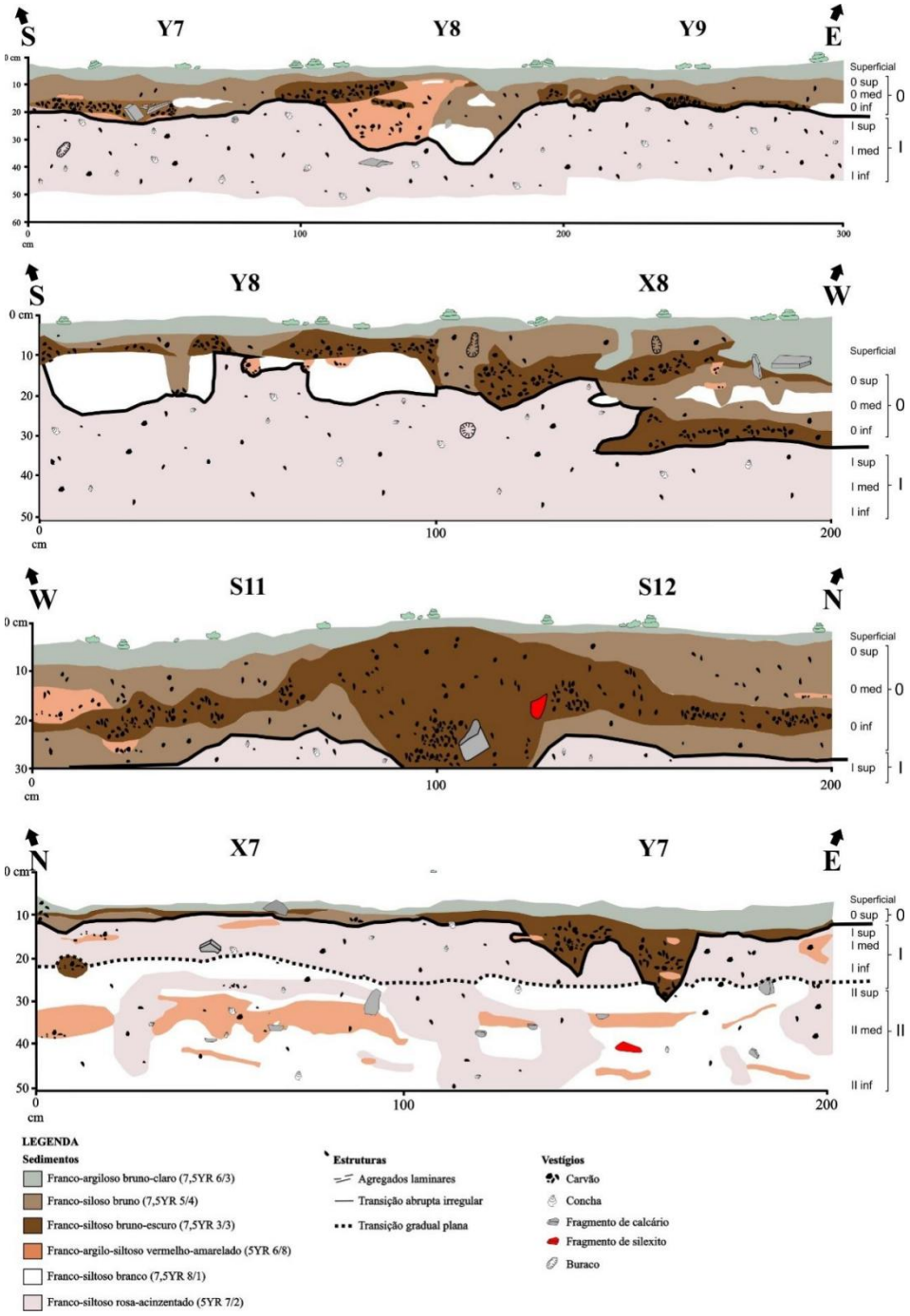



Figura 9: Croqui representativo da exposição vertical de faces das quadras S11, S12 X7, X8, Y7 e Y8 escavadas em 2021 apresentando os níveis e camadas que compõem a estratigrafia do sitio arqueológico Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.

A camada 0 é composta pelos níveis: superficial, 0 sup (superior), 0 med (médio) e 0 inf (inferior). Possui profundidade variável de 10 a 30 cm, com transição irregular e abrupta para a camada subjacente. As cores predominantes são bruno-claro na superfície, bruno e bruno-escuro ao longo do nível, com zonas (manchas) arredondadas a semi-circulares em planta e alongadas no corte vertical, de cor branca e outras de cor vermelho-amarelada. Quando homogeneizada no AVC, a amostra composta apresenta cor bruno-acinzentado a bruno-escuro. Trata-se da camada que motivou a realização deste estudo, onde as cores brunadas contrastam com as das demais camadas subjacentes.

Em termos pedoestratigráficos, na porção superficial ocorre uma estrutura fraca grandes blocos subangulares, que transicionam para forte média laminar no contato com o nível 0 sup até o nível 0 med. A partir daí, ocorre uma estrutura pequena, blocos subangulares até o contato com a camada I. As consistências seca e úmida variam nesse mesmo sentido, sendo macia e muito friável na superfície, dura e firme no domínio da estrutura laminar, e muito macia e friável no nível 0 inf. Com exceção da superfície, que é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, os níveis que compõem a camada são plásticos e ligeiramente pegajosos.

Os principais vestígios arqueológicos encontrados na camada 0 incluem excrementos de gado pulverizados ou parcialmente preservados na superfície, líticos (predominantemente lascas de silexito e calcário), conchas na forma de fragmentadas de gastrópodes (*Strophocheilus sp*), fragmentos de cerâmica, ossos, diversos coquinhos e carvões. Muitos líticos, conchas e cascas de coquinhos encontram-se queimados. É muito comum a presença de estruturas de combustão (fogueiras) nesta camada, sendo identificadas em todos os níveis fogueiras com e sem o uso de cascalhos de calcário na sua estruturação.

A camada I é composta pelos níveis I sup, I med e I inf, com início entre 10 e 30 cm de profundidade e término entre 20 e 50 cm. As menores e maiores espessuras foram observadas em faces verticais de uma mesma quadra, respectivamente as faces leste e sul da quadra X7, o que sugere que essa camada é mais espessa quanto mais distante da parede de calcário no fundo do abrigo, e o contrário mais delgada próxima dessa. A transição para a camada II é plana gradual, sendo, por isso, menos nítida que sua porção superior. Predomina a cor rosa-acinzentado em todos os níveis, com eventuais manchas de cor vermelho-amarelada na base de estruturas de combustão intactas com concentração de carvões. A estrutura pedológica em nível macroscópico é do tipo grãos simples, e a

consistência é muito macia quando seca, muito friável quando úmida, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa quando molhada.

Os vestígios arqueológicos encontrados na camada I são semelhantes aos da camada 0. Foram observados muitos vestígios líticos, predominando lascas de silexito e calcário, fragmentos de cerâmica em menor quantidade, conchas carbonizados e não carbonizados, e carvões em tamanhos maiores que na camada anterior. Ocorrem também coquinhos queimados, pequenos ossos de fauna, sementes, fragmentos de casca de tatu, pigmentos, entre outros.

A camada II é formada pelos níveis II sup, II med e II inf e foi exumada apenas nas extremidades norte e leste das quadras X7 e Y7. Trata-se de uma camada com níveis marcados pela presença de zonas esbranquiçadas intercaladas com manchas vermelho-amareladas e rosáceas. A separação entre os níveis segue a lógica do aparecimento (II sup, consolidação (II med) e desaparecimento (II inf) das manchas vermelho-amareladas, sempre associadas à presença de concentrações de carvões. A estrutura permanece em grãos simples, mas com sinalização para a presença de uma estrutura fraca pequena blocos subangulares nas partes avermelhadas. A consistência em todos os níveis é muito macia quando seca, muito friável quando úmida e ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa quando molhada.

Dentre os vestígios arqueológicos que caracterizam a camada II, destacam-se grandes carvões, alguns dos quais concentrados, sugerindo a presença de estruturas de combustão, e muitos dispersos ao longo dos diferentes níveis que compõem a camada. Além disso, ocorrem artefatos líticos na forma de lascas de silexito e calcário, bem como coquinhos, sementes e conchas de gastrópodes, estas últimas em tamanhos maiores do que nos níveis anteriores, carbonizadas ou não.

## 7.2 Propriedades físicas e químicas

As classes texturais dos níveis que compõem as distintas camadas variaram de franco-argilosa a franco-siltosa. Os valores médios indicam uma diminuição da quantidade de argila com a profundidade e um aumento do teor de silte no mesmo sentido. Os maiores teores de argila foram observados na superfície e nos primeiros níveis da camada 0 (sup e med), variando entre 21 e 37%. Em contraste, os maiores teores de silte foram encontrados em profundidade, com os valores dos níveis que compõem a camada II

quase sempre superiores a 45%. O comportamento da areia varia entre as camadas. A areia grossa está mais presente na superfície e no nível 0 sup, apresentando valores semelhantes nas outras camadas. A areia fina mostra valores médios, máximos e mínimos muito próximos em todos os níveis, sempre entre 9 e 10% da composição granulométrica.

Quimicamente, todas as camadas, independentemente dos níveis, apresentam reação alcalina para o pH em $H_2O$, com valores sempre superiores a 8,4, podendo chegar a 10. As médias são ligeiramente menores na superfície, que ainda assim apresenta um valor de 9,2. O alto pH resulta em valores nulos de saturação por alumínio (m%). Todos os níveis são hipereutróficos, com valores próximos ou iguais a 100% de saturação por bases. O complexo sortivo é dominado por Ca, Mg e K, demonstrado pelos altos e semelhantes valores de CTC efetiva e potencial (t e T). Nesses, os valores de K observados são muito altos, superiores, inclusive, ao Ca, que geralmente é o elemento químico mais presente em materiais carbonáticos pouco intemperizados.

Tabela 1: estatística descritiva dos atributos físicos e químicos das amostras coletadas nos níveis e camadas 0, I e II do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.

| Camada | Parâmetros | Argila | Silte | AG | AF | pH | P[1] | Na[1] | K[1] | Ca[2] | Mg[2] | Al[3] | H + Al | SB[4] | t[5] | T[6] | V[7] | m[8] | MO[9] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % | | | | $H_2O$ | $mg.dm^{-3}$ | $cmolc.dm^{-3}$ | | | | | | | | | % | | $dag.kg^{-1}$ |
| CAMADA 0 | SUPERFICIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Média | 31,5 | 20,5 | 34,5 | 13,5 | 9,2 | 216,7 | 0,9 | 58,2 | 2,6 | 3,1 | 0,0 | 0,8 | 64,8 | 64,8 | 65,6 | 98,7 | 0,0 | 9,7 |
| | Desvio padrão | 6,5 | 2,6 | 8,4 | 7,9 | 0,6 | 2,9 | 0,1 | 2,5 | 0,8 | 1,2 | 0,0 | 0,2 | 3,1 | 3,1 | 3,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 |
| | Mínimo | 23,0 | 17,0 | 25,0 | 7,0 | 8,4 | 212,3 | 0,9 | 56,3 | 2,0 | 2,0 | 0,0 | 0,7 | 61,7 | 61,7 | 62,7 | 98,4 | 0,0 | 9,7 |
| | Máximo | 37,0 | 23,0 | 43,0 | 25,0 | 9,6 | 218,2 | 1,0 | 61,4 | 3,8 | 4,8 | 0,0 | 1,0 | 68,4 | 68,4 | 69,0 | 99,0 | 0,0 | 9,7 |
| | NÍVEL O SUPERIOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Média | 28,8 | 28,8 | 22,0 | 20,4 | 10,0 | 223,1 | 1,2 | 88,0 | 1,6 | 1,2 | 0,0 | 0,9 | 92,0 | 92,0 | 92,9 | 99,1 | 0,0 | 9,4 |
| | Desvio padrão | 4,8 | 4,7 | 7,3 | 3,8 | 0,1 | 6,7 | 0,7 | 22,4 | 0,3 | 0,4 | 0,0 | 0,5 | 22,6 | 22,6 | 23,0 | 0,4 | 0,0 | 0,5 |
| | Mínimo | 24,0 | 23,0 | 11,0 | 15,0 | 9,9 | 218,2 | 0,2 | 66,5 | 1,3 | 0,6 | 0,0 | 0,3 | 70,8 | 70,8 | 71,8 | 98,6 | 0,0 | 8,6 |
| | Máximo | 35,0 | 34,0 | 29,0 | 25,0 | 10,0 | 230,4 | 2,0 | 125,3 | 2,1 | 1,6 | 0,0 | 1,7 | 129,7 | 129,7 | 131,4 | 99,6 | 0,0 | 9,7 |
| | NÍVEL O MÉDIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Média | 26,6 | 39,2 | 15,4 | 18,8 | 9,8 | 213,7 | 1,2 | 119,2 | 2,2 | 1,7 | 0,0 | 1,3 | 103,8 | 103,8 | 125,7 | 99,0 | 0,0 | 7,8 |
| | Desvio padrão | 3,2 | 7,0 | 5,5 | 4,3 | 0,4 | 11,3 | 0,4 | 39,6 | 2,1 | 1,3 | 0,0 | 0,7 | 54,1 | 54,1 | 37,6 | 0,2 | 0,0 | 1,6 |
| | Mínimo | 21,0 | 30,0 | 10,0 | 15,0 | 9,2 | 201,1 | 1,0 | 63,9 | 0,8 | 0,9 | 0,0 | 0,7 | 31,3 | 31,3 | 75,2 | 98,7 | 0,0 | 5,4 |
| | Máximo | 29,0 | 47,0 | 24,0 | 25,0 | 10,0 | 230,4 | 1,8 | 171,4 | 5,6 | 3,9 | 0,0 | 2,3 | 172,3 | 172,3 | 177,6 | 99,3 | 0,0 | 9,4 |
| | NÍVEL O INFERIOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Média | 22,6 | 45,8 | 13,6 | 18,0 | 9,7 | 211,1 | 0,7 | 97,9 | 2,4 | 1,6 | 0,0 | 0,4 | 102,6 | 102,6 | 102,9 | 99,7 | 0,0 | 6,0 |
| | Desvio padrão | 5,9 | 3,8 | 3,6 | 2,5 | 0,6 | 33,8 | 0,2 | 51,5 | 4,4 | 1,7 | 0,0 | 0,4 | 48,9 | 48,9 | 48,9 | 0,3 | 0,0 | 0,7 |
| | Mínimo | 15,0 | 42,0 | 11,0 | 15,0 | 8,7 | 156,6 | 0,4 | 44,8 | 0,1 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 59,9 | 59,9 | 59,9 | 99,3 | 0,0 | 5,0 |
| | Máximo | 29,0 | 52,0 | 20,0 | 21,0 | 10,0 | 236,8 | 1,0 | 179,0 | 10,3 | 4,5 | 0,0 | 0,7 | 182,0 | 182,0 | 182,1 | 100,0 | 0,0 | 7,0 |
| CAMADA I | NÍVEL I SUPERIOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Média | 17,0 | 51,8 | 13,5 | 17,8 | 9,7 | 197,0 | 0,4 | 55,6 | 2,4 | 1,5 | 0,0 | 0,2 | 59,9 | 59,9 | 60,1 | 99,8 | 0,0 | 5,2 |
| | Desvio padrão | 2,7 | 3,0 | 2,6 | 1,3 | 0,6 | 27,7 | 0,1 | 14,7 | 4,6 | 1,5 | 0,0 | 0,2 | 19,0 | 19,0 | 19,1 | 0,3 | 0,0 | 1,8 |
| | Mínimo | 15,0 | 49,0 | 11,0 | 16,0 | 8,8 | 161,1 | 0,3 | 35,8 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 37,2 | 37,2 | 37,2 | 99,5 | 0,0 | 4,0 |
| | Máximo | 21,0 | 56,0 | 17,0 | 19,0 | 10,0 | 224,2 | 0,5 | 69,1 | 9,4 | 3,7 | 0,0 | 0,3 | 82,5 | 82,5 | 82,8 | 100,0 | 0,0 | 7,8 |
| | NÍVEL I MÉDIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Média | 16,8 | 50,8 | 13,8 | 18,3 | 10,0 | 164,4 | 0,3 | 41,2 | 0,7 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 40,9 | 40,9 | 40,9 | 100,0 | 0,0 | 3,5 |
| | Desvio padrão | 5,0 | 6,2 | 1,5 | 1,5 | 0,0 | 23,0 | 0,1 | 24,5 | 1,0 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 26,9 | 26,9 | 26,9 | 0,0 | 0,0 | 0,9 |
| | Mínimo | 10,0 | 47,0 | 12,0 | 17,0 | 10,0 | 135,4 | 0,1 | 15,3 | 0,2 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 9,9 | 9,9 | 9,9 | 100,0 | 0,0 | 2,3 |
| | Máximo | 22,0 | 60,0 | 15,0 | 20,0 | 10,0 | 185,2 | 0,4 | 69,1 | 2,2 | 3,5 | 0,0 | 0,0 | 70,2 | 70,2 | 70,2 | 100,0 | 0,0 | 4,2 |
| | NÍVEL I INFERIOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Média | 18,5 | 49,0 | 14,0 | 18,5 | 10,0 | 173,1 | 0,2 | 45,1 | 0,5 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 47,2 | 47,2 | 47,2 | 100,0 | 0,0 | 3,6 |
| | Desvio padrão | 6,4 | 4,2 | 1,4 | 0,7 | 0,0 | 47,4 | 0,1 | 41,0 | 0,6 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 39,7 | 39,7 | 39,7 | 0,0 | 0,0 | 0,3 |
| | Mínimo | 14,0 | 46,0 | 13,0 | 18,0 | 10,0 | 139,5 | 0,1 | 16,1 | 0,1 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 19,1 | 19,1 | 19,1 | 100,0 | 0,0 | 3,4 |
| | Máximo | 23,0 | 52,0 | 15,0 | 19,0 | 10,0 | 206,6 | 0,3 | 74,2 | 0,9 | 1,9 | 0,0 | 0,0 | 75,2 | 75,2 | 75,2 | 100,0 | 0,0 | 3,8 |
| CAMADA II | NÍVEL II SUPERIOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Média | 14,3 | 55,0 | 13,7 | 17,0 | 9,9 | 191,0 | 0,3 | 24,0 | 0,2 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 43,7 | 43,7 | 43,7 | 100,0 | 0,0 | 3,9 |
| | Desvio padrão | 3,1 | 3,6 | 0,6 | 1,0 | 0,2 | 39,8 | 0,2 | 14,4 | 0,1 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 0,0 | 0,0 | 0,9 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mínimo | 11,0 | 52,0 | 13,0 | 16,0 | 9,7 | 165,7 | 0,2 | 7,9 | 0,1 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 30,4 | 30,4 | 30,4 | 100,0 | 0,0 | 3,2 |
| Máximo | 17,0 | 59,0 | 14,0 | 18,0 | 10,0 | 236,8 | 0,6 | 35,5 | 0,3 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 65,2 | 65,2 | 65,2 | 100,0 | 0,0 | 5,0 |
| NÍVEL II MÉDIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Média | 16,0 | 54,5 | 12,5 | 17,0 | 10,0 | 146,3 | 0,2 | 26,1 | 0,3 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 27,7 | 27,7 | 27,7 | 100,0 | 0,0 | 3,2 |
| Desvio padrão | 0,0 | 2,1 | 0,7 | 1,4 | 0,0 | 21,0 | 0,0 | 0,7 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Mínimo | 16,0 | 53,0 | 12,0 | 16,0 | 10,0 | 131,4 | 0,2 | 25,6 | 0,2 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 27,4 | 27,4 | 27,4 | 100,0 | 0,0 | 3,2 |
| Máximo | 16,0 | 56,0 | 13,0 | 18,0 | 10,0 | 161,1 | 0,2 | 26,6 | 0,4 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 28,1 | 28,1 | 28,1 | 100,0 | 0,0 | 3,2 |
| NÍVEL II INFERIOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Média | 16,7 | 51,7 | 14,3 | 17,3 | 9,8 | 151,2 | 0,1 | 15,3 | 1,1 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 100,0 | 0,0 | 3,5 |
| Desvio padrão | 2,5 | 4,2 | 1,5 | 2,5 | 0,3 | 17,7 | 0,0 | 13,3 | 0,8 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 |
| Mínimo | 14,0 | 47,0 | 13,0 | 15,0 | 9,4 | 135,4 | 0,1 | 4,1 | 0,2 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 100,0 | 0,0 | 3,0 |
| Máximo | 19,0 | 55,0 | 16,0 | 20,0 | 10,0 | 170,4 | 0,2 | 29,9 | 1,8 | 2,8 | 0,0 | 0,0 | 31,1 | 31,1 | 31,1 | 100,0 | 0,0 | 4,0 |

O comportamento no perfil mostra uma redução dos valores médios de Ca disponível em profundidade, sendo maior que 2 $cmol_c.kg^{-1}$ na maioria dos níveis da camada 0 e inferior a 1 $cmol_c.kg^{-1}$ em parte dos níveis das camadas I e II. A análise do desvio padrão indica que isso ocorre porque, nos níveis mais próximos da superfície, há uma maior variabilidade entre valores máximos e mínimos, o que não ocorre em profundidade. O comportamento do Mg é distinto; mesmo que os valores máximos e mínimos sejam relativamente variados, os valores médios são semelhantes em todos os níveis e profundidades. Já o K, que apresentou valores muito altos em todas as camadas, podendo chegar a 179 $cmol_c.kg^{-1}$, diminui da superfície em direção aos níveis inferiores.

Destaca-se também o comportamento do fósforo (P) e da matéria orgânica. Os valores de P lábil são altos em todas as camadas, especialmente considerando que este elemento ocorre em baixas quantidades em solos de regiões tropicais. O maior valor observado foi de 239,8 $mg.dm^{-3}$, encontrado tanto no nível 0 inf quanto no nível II sup, enquanto o menor valor foi de 131,4 $mg.dm^{-3}$. As médias revelam um comportamento de decréscimo do conteúdo de P em profundidade.

O mesmo padrão é observado para os valores de matéria orgânica. Em termos absolutos, o maior valor foi encontrado na superfície e ao longo dos dois primeiros níveis da camada 0, sendo de 9,7 $dag.kg^{-1}$. Os valores médios diminuem com o aumento da profundidade. O menor valor absoluto observado é de 2,3 $dag.kg^{-1}$, no nível I médio. O desvio padrão é baixo em praticamente todos os níveis, indicando uma distribuição relativamente homogênea entre os valores do mesmo nível nas diferentes quadras.

Foram realizadas análises de *cluster* a partir das propriedades físicas e químicas descritas acima, e os resultados separaram as amostras em dois grupos distintos. Da mesma maneira, a análise de PCA reforçou a presença de dois grupos de amostras, sendo que a dimensão 1 (PC1) explicou 48,83% dos dados e a dimensão 2 (PC2) explicou 23,15% dos dados (Figura 10). O Grupo 1 inclui todas as amostras da superfície e dos níveis superior, médio e inferior da camada 0. Também foram incluídos neste grupo os níveis I superior da quadra S11 e as amostras do nível I (sup e med) da quadra Y8. O Grupo 2 inclui as amostras das camadas I e II de praticamente todas as quadras.

A análise dos eixos mostra quais variáveis estão determinando as diferenças entre os grupos. A granulometria foi a propriedade mais importante, explicando que a principal diferença entre os grupos, e que os separam, é textural. O Grupo 1 está mais relacionado à presença da argila enquanto o Grupo 2 está mais relacionado à presença de silte e areia

grossa. Outras variáveis que contribuíram para diferenciar o Grupo 2 do Grupo 1 foram o pH e o conteúdo de Mg, P, e K. A variável que apresentou a menor importância na diferenciação entre os dois grupos foi o conteúdo de matéria orgânica.

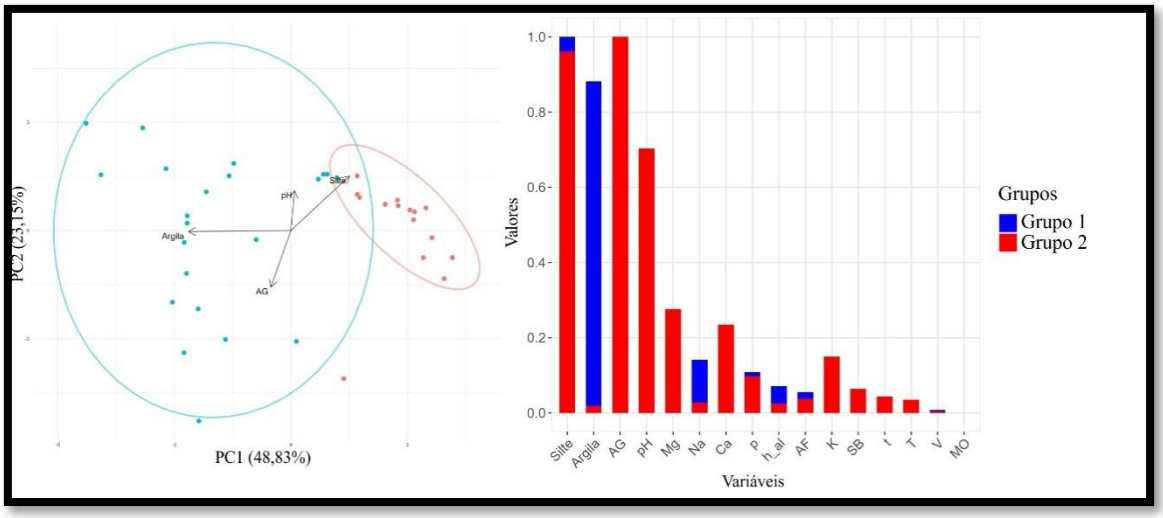


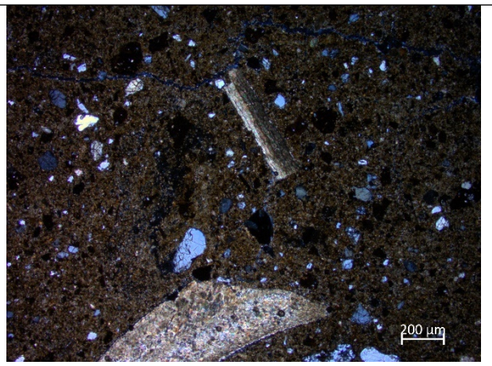
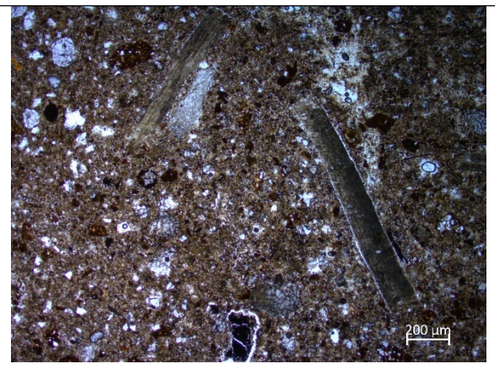
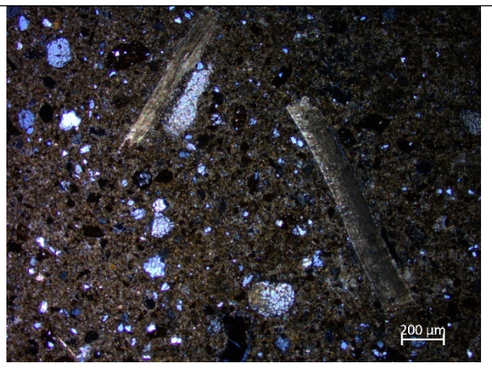
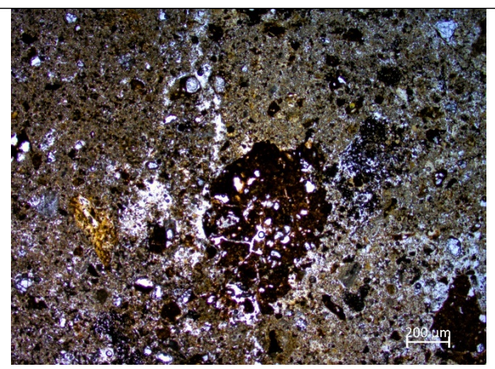
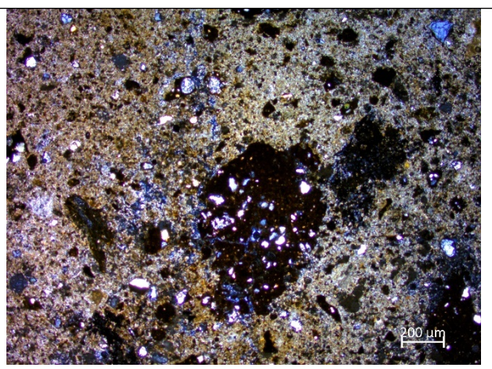

Figura 10: Análise por Principais Componentes (PCA) dos grupos de amostras a partir de variáveis relacionadas aos atributos físicos e químicos das amostras dos níveis e camadas 0, I e II do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.

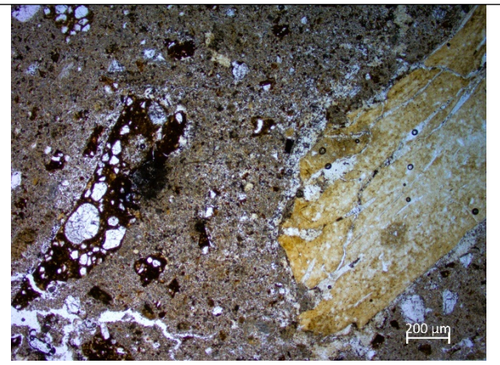
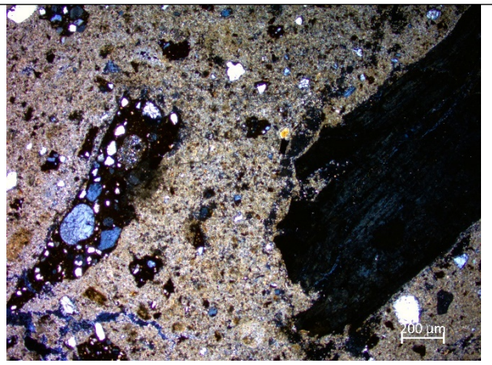
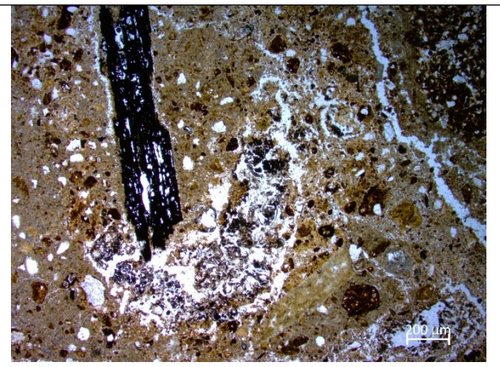
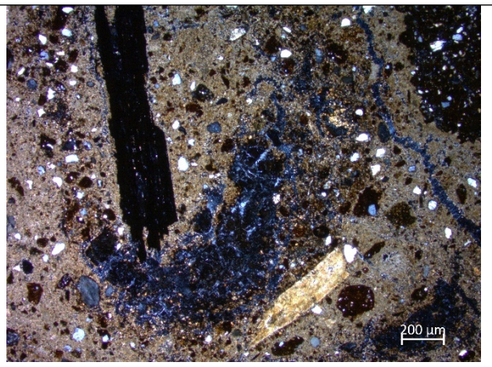
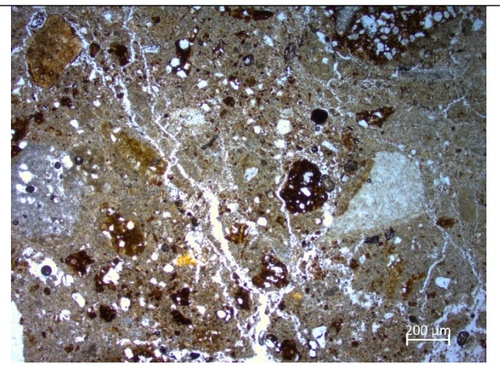
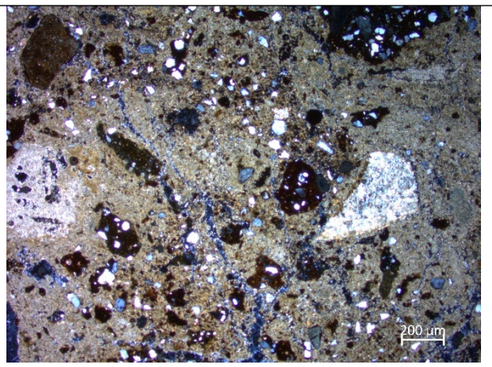
## 7.3 Micromorfologia

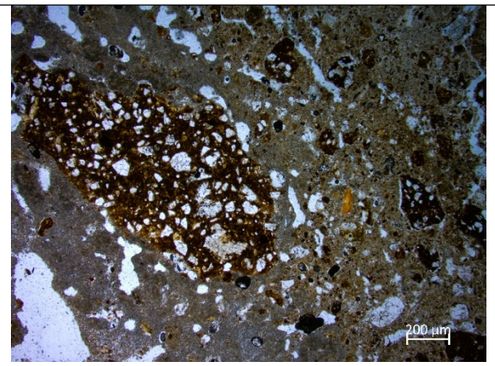
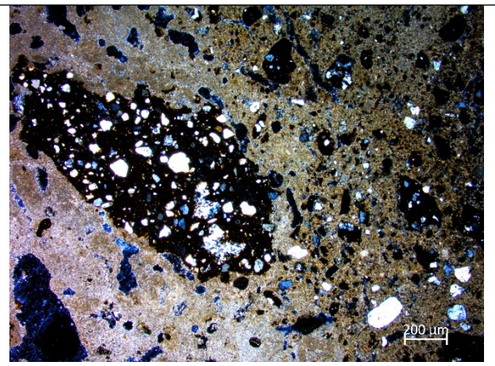
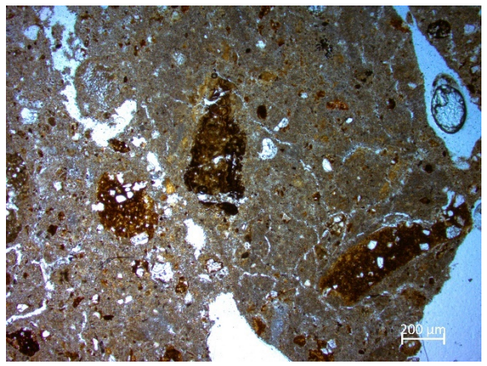
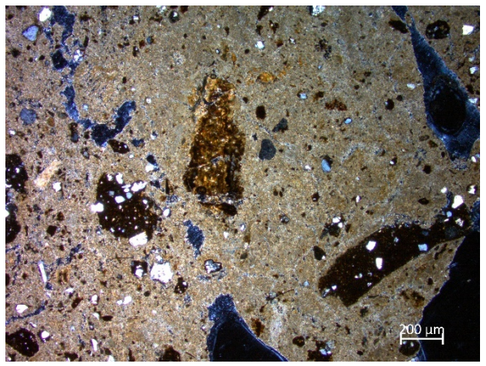
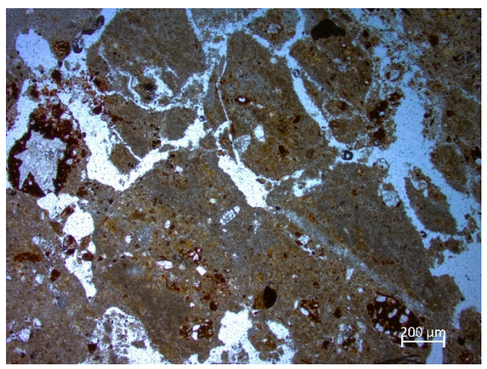
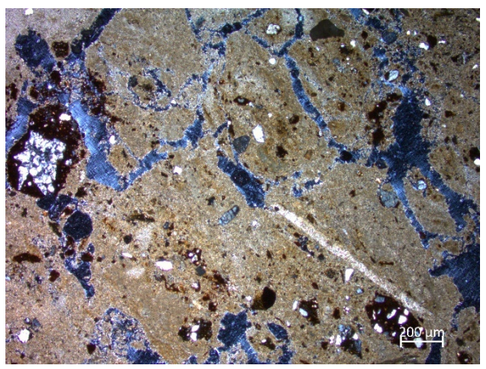
A descrição micromorfológica dos níveis é apresentada na Tabela 2, incluindo fotomicrografias representativas.

A camada 0 apresenta a maior diversidade de microestruturas. Nos níveis 0 sup e med, ocorre uma microestrutura maciça fissural, com poros planares retos e curvos que seccionam pelo menos duas zonas nas seções delgadas, correspondendo, em nível macroscópico, à estrutura laminar observada. Na base do nível 0 med e ao longo de todo o nível 0 inf, a microestrutura se abre na forma de blocos subangulares, mal desenvolvidos e com porosidade fissural ainda bastante acomodada. Essa abertura da porosidade e o aumento do grau de desenvolvimento dos blocos se ampliam para a base dos perfis, com a camada II apresentando os blocos mais desenvolvidos. Também ocorrem poros cavitários em alguns níveis, às vezes sugerindo pseudomorfos de materiais dissolvidos, como ossos, ou o deslocamento físico de material durante a preparação das seções.

Tabela 2: descrição micromorfológica e fotomicrografias representativas obtidas em microscópio petrográfico dos níveis e camadas 0, I e II do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.

| Nível | Cor Seca | Microestrutura | Fundo matricial | | | Material orgânico | Pedofeições | Fotomicrografia representativa | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Munsell | | Mat. grosso | Mat. fino | Distribuição relativa C/F$_{50\mu m}$ | | | Nícois paralelos | Nícois cruzados |
| **CAMADA 0** | | | | | | | | | |
| 0 SUP | 7,5YR3/3 Bruno escuro | Maciça fraturada, com poros planares retos e curvos | Quartzo, areia fina a média, arredondado a subangular. Silexito, areia grossa, angular. Fragmentos de ossos, carvão e conchas parcialmente ou quase totalmente carbonizadas | Micromassa de cor bruno-escura, trama birrefringente indiferenciada | Porfírica fechada | Pontuações orgânicas na micromassa, fragmentos de raízes oxidadas e carbonizadas | Nódulos típicos arredondados a subarredondados, com micromassa vermelho-preto e cristais de quartzo imersos. Trama birrefringentes interna indiferenciada | |  |
| 0 MED | 7,5YR3/3 Bruno escuro e 7,5YR5/3 Bruno | Maciça fraturada, com poros planares retos e curvos, com algumas zonas cavitárias | Quartzo, areia fina a média, arredondado a subangular. Fragmentos de ossos, carvão e conchas parcialmente ou quase totalmente carbonizadas | Micromassa de cor bruno-escura, trama birrefringente indiferenciada | Porfírica fechada | Pontuações orgânicas na micromassa, fragmentos de raízes oxidadas e carbonizadas. Resíduos de tecidos vegetais carbonizados | Nódulos típicos arredondados a subarredondados, com micromassa vermelho-preto e cristais de quartzo imersos. Trama birrefringentes interna indiferenciada |  |  |
| 0 INF / I SUP | 7,5YR5/3 Bruno e 7,5YR7/6 Amarelo-avermelhado | Fissural a blocos subangulares fracamente desenvolvidos, com poros planares retos e curvos bem acomodados | Quartzo, areia fina a média, arredondado a subangular. Silexito, areia média, angular. Fragmentos de ossos, carvão e conchas parcialmente carbonizadas | Micromassa de cor brunada, trama birrefringente indiferenciada em contato com micromassa amarelo-avermelhada, salpicada, com trama birrefringente cristalítica | Porfírica de espaço simples | Pontuações orgânicas na micromassa. Resíduos de tecidos vegetais carbonizados | Nódulos típicos arredondados a subarredondados, com micromassa vermelho-escura e cristais de quartzo imersos. Trama birrefringentes interna indiferenciada |  |  |

| Nível | Cor Seca | Microestrutura | Fundo matricial | | | Material orgânico | Pedofeições | Fotomicrografia representativa | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Munsell | | Mat. grosso | Mat. fino | Distribuição relativa C/$F_{50\mu m}$ | | | Nícois paralelos | Nícois cruzados |
| **CAMADA I** | | | | | | | | | |
| I SUP | 7,5YR7/6 Amarelo-avermelhado | Fissural a blocos subangulares fracamente desenvolvidos, com poros planares retos e curvos bem acomodados | Quartzo, areia fina a média, arredondado a subangular. Silexito, areia média, angular. Calcita, areia fina, angular. Fragmentos de ossos, carvão e conchas | Micromassa amarelo-avermelhada, salpicada, com trama birrefringente cristalítica, com cristais geométricos de calcita micrítica | Porfírica de espaço simples | Pontuações orgânicas na micromassa. Resíduos de tecidos vegetais carbonizados. Raros nódulos orgânicos. | Nódulos típicos arredondados a alongados, com micromassa vermelho-escura e cristais de quartzo imersos. Trama birrefringentes interna indiferenciada |  |  |
| I MED | 7,5YR7/6 Amarelo-avermelhado | Fissural a blocos subangulares moderadamente desenvolvidos, com poros planares retos e curvos bem acomodados | Quartzo, areia fina a média, arredondado a subangular. Silexito, areia média, angular. Calcita, areia fina, angular. Fragmentos de ossos, carvão e conchas | Micromassa amarelo-avermelhada, salpicada, com trama birrefringente cristalítica, com cristais geométricos de calcita micrítica | Porfírica de espaço duplo | Pontuações orgânicas na micromassa. Resíduos de tecidos vegetais carbonizados.. | Nódulos típicos arredondados a alongados, com micromassa vermelho-escura e cristais de quartzo imersos. Trama birrefringentes interna indiferenciada |  |  |
| I INF | 7,5YR7/6 Amarelo-avermelhado e 7,5YR7/1 Cinza-claro | Blocos subangulares moderadamente desenvolvidos, com poros planares retos e curvos bem acomodados | Quartzo, areia fina a média, arredondado a subangular. Silexito, areia média, angular. Calcita, areia fina, angular. Fragmentos de ossos, carvão e conchas | Micromassa amarelo-avermelhada, salpicada, com trama birrefringente cristalítica, com cristais geométricos de calcita micrítica | Porfírica de espaço duplo | Resíduos de tecidos vegetais carbonizados.. | Nódulos típicos arredondados a alongados, com micromassa vermelho-escura e cristais de quartzo imersos. Trama birrefringentes interna indiferenciada |  |  |

| Nível | Cor Seca | Microestrutura | Fundo matricial | | | Material orgânico | Pedofeições | Fotomicrografia representativa | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Munsell | | Mat. grosso | Mat. fino | Distribuição relativa C/$F_{50\mu m}$ | | | Nícois paralelos | Nícois cruzados |
| **CAMADA II** | | | | | | | | | |
| I INF / II SUP | 7,5YR7/6 Amarelo-avermelhado e 7,5YR7/1 Cinza-claro | Blocos subangulares moderadamente desenvolvidos, com poros planares retos e curvos bem acomodados | Quartzo, areia fina a média, arredondado a subangular. Calcita, areia fina, angular. Fragmentos de ossos, carvão e conchas | Micromassa amarelo-avermelhada e acinzentada, ambas com trama birrefringente cristalítica, com cristais geométricos de calcita micrítica | Porfírica de espaço duplo | Resíduos de tecidos vegetais carbonizados. | Nódulos típicos subarredondados a alongados, com micromassa vermelho-escura e cristais de quartzo imersos. Trama birrefringentes interna indiferenciada |  |  |
| II SUP | 7,5YR7/6 Amarelo-avermelhado e 7,5YR7/1 Cinza-claro | Blocos subangulares bem desenvolvidos, com poros planares retos e curvos moderadamente a mal acomodados | Quartzo, areia fina a média, arredondado a subangular. Calcita, areia fina, angular. Fragmentos de ossos, carvão e conchas | Micromassa amarelo-avermelhada e acinzentada, ambas com trama birrefringente cristalítica, com cristais geométricos de calcita micrítica | Porfírica aberta | Resíduos de tecidos vegetais carbonizados. Pontuações orgânicas na micromassa. | Nódulos típicos subarredondados a alongados, com micromassa vermelho-escura e cristais de quartzo imersos. Trama birrefringentes interna indiferenciada |  |  |
| II MED | 7,5YR7/6 Amarelo-avermelhado e 7,5YR7/1 Cinza-claro | Blocos subangulares bem desenvolvidos, com poros planares retos e curvos moderadamente a mal acomodados | Quartzo, areia fina a média, arredondado a subangular. Silexito, areia média, angular. Calcita, areia fina, angular. Fragmentos de ossos, carvão e conchas | Micromassa amarelo-avermelhada e acinzentada, ambas com trama birrefringente cristalítica, com cristais geométricos de calcita micrítica | Porfírica aberta | Resíduos de tecidos vegetais carbonizados. Pontuações orgânicas na micromassa. | Nódulos típicos subarredondados a alongados, com micromassa vermelho-escura e cristais de quartzo imersos. Trama birrefringentes interna indiferenciada |  |  |

O fundo matricial tem composição e arranjos semelhantes em todas as camadas e níveis, com diferenças na intensidade em que os constituintes aparecem e, para alguns, no tamanho e grau de preservação. O quartzo está presente no material grosso de todos os níveis, variando de areia fina a média, com grãos arredondados a subarredondados, fraturados e sem preenchimento aparente das fraturas. Ele ocorre associado à micromassa de composição calcítica, tanto como grãos soltos quanto no interior de nódulos típicos. Outros minerais presentes incluem pequenas lascas de silexito, angulares, e alguns cristais de calcita, que aparentam ser, na verdade, pequenos fragmentos de calcário (micro-lascas).

Também foram descritos como materiais grossos do fundo matricial os fragmentos de carvão, ossos e conchas. Os carvões ocorrem em diversos formatos, de tamanho areia grossa a fina, e, no caso dos níveis da camada 0, parecem estar presentes, inclusive, na micromassa. Existem fragmentos mais densos, com estruturas lineares bem-marcadas, sugerindo fibras de madeira pseudomorfizadas, ou totalmente opacos, com fábrica interna típica. Também ocorrem fragmentos de carvão poroso, com tecido vegetal bem discernível. Os ossos são menos abundantes que os carvões e ocorrem na forma de pequenos fragmentos de cor alaranjada a amarelada, com bordas corroídas, dispersos com os demais constituintes. Os fragmentos de conchas variam muito em tamanho, de areia fina a cascalho. Predomina o hábito linear dos fragmentos de conchas, mas não foi observado nenhum corte transversal em espiral conservado, destacando o grau de fragmentação desses constituintes. As conchas e os ossos estão bastante carbonizados na camada 0 e menos abaixo desta. Nesse caso, as conchas apresentam coloração acinzentada e não exibem cores de alta intensidade quando em nícois cruzados.

A micromassa varia de coloração na superfície e reitera as observações em nível macroscópico. Na camada 0, em todos os seus níveis, predomina uma micromassa bruna a bruno-escura e que, mesmo contendo calcita na sua composição, não apresenta trama birrefringente cristalítica como nos demais níveis. Um material muito fino, de cor preta e opaca, está presente junto com os cristais, sem aspecto de matéria orgânica amorfa, cuja visualização é difícil em microscópio petrográfico. Do contato entre o nível 0 inf e ao longo de todos os níveis das camadas I e II, a micromassa é formada por diminutos cristais de calcita micrítica, possuindo alguns hábitos geométricos bem característicos (ver resultados da Microscopia Eletrônica). A trama neste caso é cristalítica e apresenta aspecto salpicado em algumas seções delgadas. Junto com a calcita, nas camadas I e II,

observa-se um material pouco cristalino, de coloração avermelhada, semelhante àquele presente nos nódulos descritos a seguir. A distribuição relativa do fundo matricial é porfírica em todas as seções delgadas, sendo mais fechada nos níveis próximos da superfície e aberta em profundidade.

Como pedofeições, foram observados nódulos com a seguinte fábrica interna: cristais de quartzo arredondados, imersos numa micromassa avermelhada a vermelho-preto, com trama birrefringente indiferenciada e distribuição relativa porfírica. Enquadram-se como nódulos típicos, com formato variando de arredondado a subarredondado e alongado. Os constituintes orgânicos, além daqueles incluídos como material grosso, incluem tecidos vegetais carbonizados e oxidados, fragmentos de raízes, algumas pontuações escurecidas na micromassa cristalítica e poucos e raros nódulos orgânicos. Não foram observas marcas de raiz em nenhum dos níveis descritos.

## 7.4 Microquímica e mineralogia

Em complementação à análise micromorfológica, foram realizadas análises microquímicas em imagens de elétrons retroespalhados. Essas análises buscaram avaliar os seguintes aspectos: i) a composição do fundo matricial, principalmente da micromassa no interior dos nódulos típicos (Figura 11); ii) a confirmação da existência de ossos e análise de outras possíveis feições fosfáticas (Figura 11); iii) a morfologia dos constituintes carbonáticos (Figura 12); iv) a avaliação dos tipos de carvão e sua relação com a calcita nos níveis da camada 0 (Figura 13) e v) a presença de outros materiais e feições que não foram observados no microscópio petrográfico (Figura 13).

Sobre a composição do fundo matricial (Figura 11), os mapas microquímicos dos níveis 0 sup, 0 med, I med e II sup mostram que, apesar de serem camadas distintas, a composição do fundo matricial é semelhante. Elas se diferenciam na frequência, tamanho e grau de preservação em que alguns constituintes ocorrem. Os materiais grossos são destacados nos mapas de Si e P+Ca, na forma de grãos de quartzo e fragmentos de ossos, respectivamente, e de Ca+K nos fragmentos de conchas. A micromassa é predominantemente carbonática e possui uma diversidade morfológica que será apresentada posteriormente. Nas pedofeições, o material grosso no interior dos nódulos é composto por quartzo (ver mapas de Si na Figura 11), enquanto a micromassa que os envolve apresenta uma composição expressa pela presença dos elementos Al, Si, K e Fe.

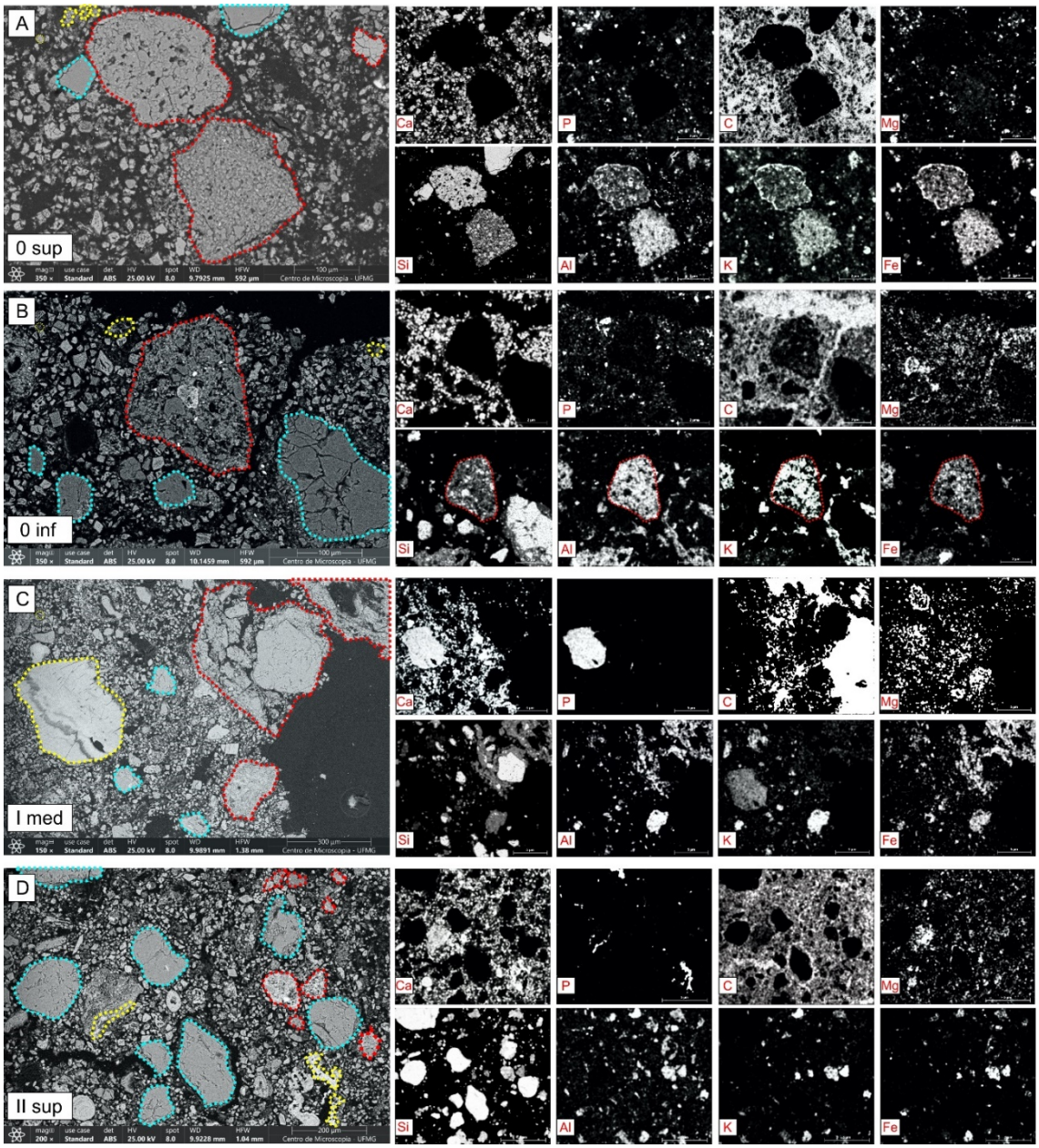



Figura 11: Imagens de elétrons retroespalhados e mapas microquímicos dos níveis e camadas 0, I e II do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central. Nas imagens à direita, a cor branca indica a presença do elemento químico retratado na legenda. Foram produzidos mapas dos elementos Ca, P, C, Mg, Si, Al, K e Fe. As linhas tracejadas vermelhas representam nódulos típicos. Linhas tracejadas azuis representam grãos de quartzo. Linhas tracejadas amarelas representam fragmentos de ossos.

Como mencionado, o fósforo está presente na forma de pontuações discretas de P+Ca em ossos, que foram relacionados ao material grosso do fundo matricial (Figura 11). A morfologia dos fragmentos de ossos inclui bordas corroídas e disformes, não sendo possível reconhecer um tipo específico de fauna ou se são ossos humanos. Além desses, ocorrem zonas enriquecidas em P como feições amorfas, geralmente com formato ameboidal no interior de poros entre cristais de quartzo e calcita (Figura 11). Essas feições

podem estar ligadas ao preenchimento por soluções fosfáticas derivadas do processo de degradação dos próprios ossos. Não foi observada a presença de fósforo embebendo a micromassa dos nódulos.

A calcita é o principal constituinte da micromassa cristalítica, considerando suas propriedades ópticas e composição nos mapas microquímicos. Contudo, ocorrem diversas outras feições carbonáticas, que podem representar calcitas em diferentes formas ou até mesmo outros constituintes carbonáticos, amorfos ou não. Foi realizada uma seleção cuidadosa de imagens de elétrons retroespalhados, destacando feições com formatos diferenciados e que possuem apenas cálcio e oxigênio em sua composição. Essas imagens são apresentadas na Figura 12.

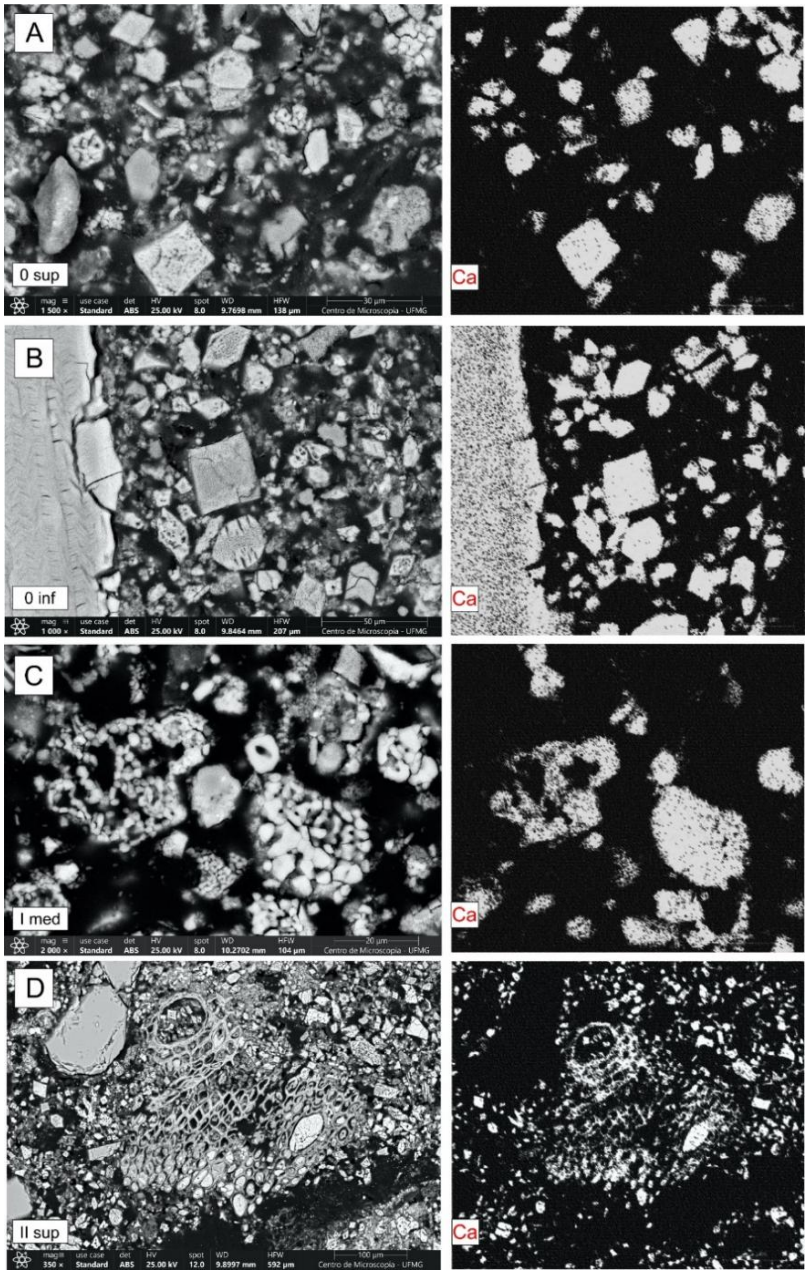



Figura 12: Imagens de elétrons retroespalhados e mapas microquímicos evidenciando a diversidade morfológica dos cristais de composição calcítica. Nas imagens à direita, a cor branca indica a presença do elemento químico (Ca).

O formato que chama mais atenção são os geométricos, como quadrados, losangos, triângulos e romboedros, este último representando seu hábito original. Também ocorrem materiais carbonáticos na forma de pequenas ripas alongadas e pontiagudas, bem como aglomerados que parecem se fragmentar em pequenas unidades arredondadas. Entre as feições arredondadas, destacam-se esferulitas, discos com furos centrais e esferas no interior de estruturas vegetais.

No caso da presença de carvão, partículas são identificadas em todos os níveis, tanto macroscopicamente quanto na microscopia petrográfica. Ao comparar a camada 0 com as camadas I e II, observa-se que os carvões são menos nítidos em nível microscópico e, ao mesmo tempo, ocorre um material escurecido entre e sobre a micromassa calcítica. As análises de fotomicrografias e imagens de elétrons retroespalhados nos níveis 0 inferior e I superior, bem como no contato entre ambos (Figura 13), reiteram que esse material escurecido é composto essencialmente por carbono. Mesmo que as seções delgadas tenham sido metalizadas com carbono, a manifestação do elemento nas imagens em algumas zonas indica a presença de materiais que não são apenas o filme de revestimento da metalização.

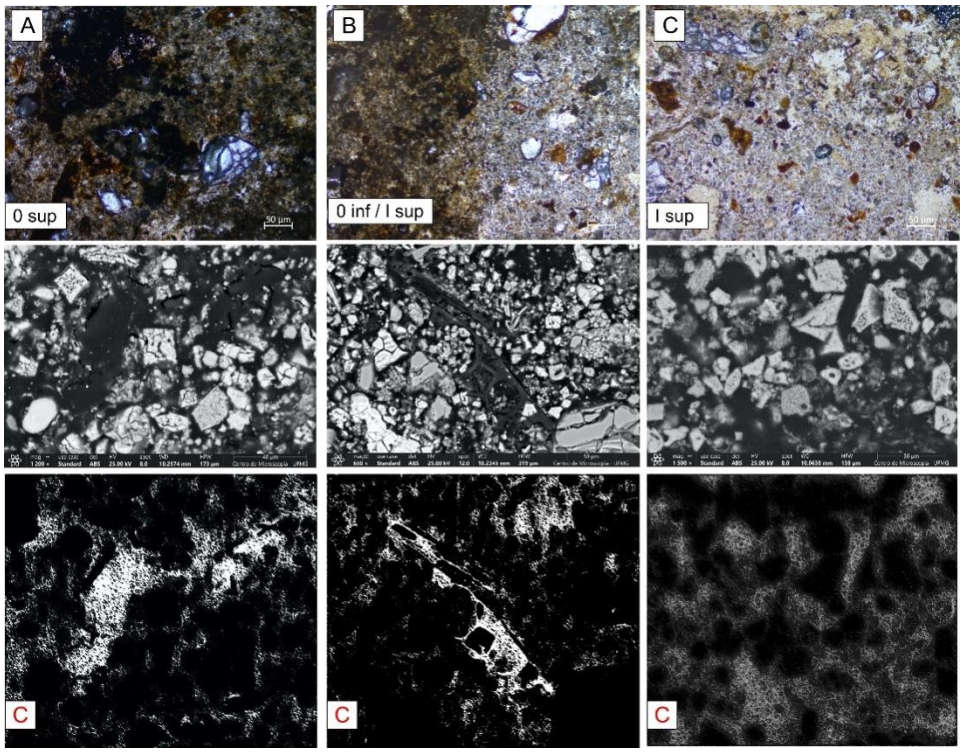



Figura 13: Fotomicrografias, imagens de elétrons retroespalhados e mapas microquímicos dos níveis 0 sup (A), 0 inf / I sup (B) e I sup (C) destacando a análise da presença do carvão como partículas finas na micromassa. Nas imagens da base, a cor branca indica a presença do elemento químico C (carbono).

Na camada 0, além de feições discretas, observa-se um fundo muito fino enriquecido em carbono, sugerindo a presença de carvão em partículas diminutas, difíceis de serem individualizadas. No contato entre os níveis 0 inf e I sup, é possível verificar partículas de carvão em processo de fragmentação, com cristais de calcita preenchendo seus poros. Para fins de comparação, a análise do nível I superior não mostra uma detecção acentuada de carbono como nas imagens anteriores, sugerindo que o carbono

não está presente na forma de um preenchimento, mas apenas no filme que reveste a seção delgada. Assim, na camada 9(?) o carvão está presente como partículas isoladas ou concentradas em estruturas de fogueira, mas também como uma micromassa de cor preto-brunada, enquanto nas demais camadas apenas as partículas discretas ocorrem.

Por fim, algumas feições não observadas em microscópio petrográfico chamaram a atenção na análise por microscopia eletrônica (Figura 14). Dentre elas, destacam-se fragmentos de conchas degradadas, que apresentam bordas irregulares e desprendimento de fragmentos com formatos variando de triangular a quadrático. Também ocorrem materiais de composição química variada, contendo $SiO_2$ (36,53%), $Al_2O_3$ (28,73%), $K_2O$ (14,63%), $Fe_2O_3$ (8,67%), MgO (4,33%), $TiO_2$ (1,2%), CaO (0,82%), $Na_2O$ (0,433%), $P_2O$ (0,35%) e MnO (0,16%), na forma de lâminas curvas com inclusões minerais internas, sem que fosse possível identificar sua natureza. Além disso, as imagens de elétrons retroespalhados possibilitaram uma melhor visualização de células vegetais carbonizadas ou parcialmente preservadas, com composição carbonática. Estas células incluíam em seu interior feições carbonáticas arredondadas, também verificadas isoladamente na micromassa.

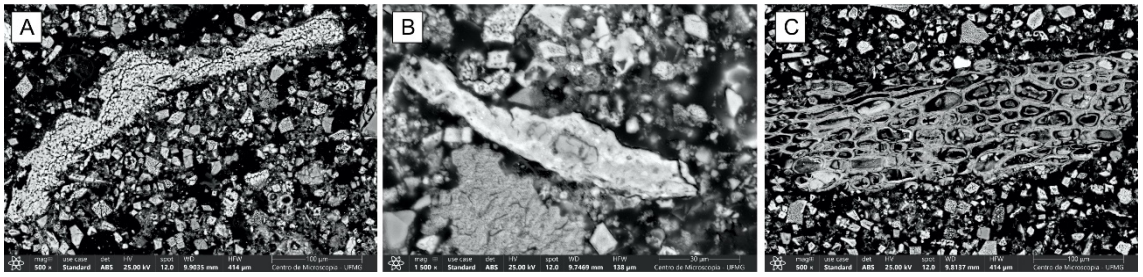



Figura 14: Imagens de elétrons retroespalhados de algumas feições de destaque observadas, incluindo fragmentos de concha em degradação (A), fragmentos de minerais não identificados de formato alongado com inclusões (B) e estruturas com células vegetais parcialmente carbonizados (C).

Corroborando com a análise microquímica, a mineralogia dos níveis 0 sup e I med por Difratometria de Raios-X confirmou a presença dos minerais quartzo e calcita e mostrou a presença de maghemita, hematita e goethita. Análises semiquantitativas indicam que o quartzo é o mineral predominante em ambos os níveis, com participação em valores semelhantes na composição mineralógica, respectivamente 67,6 e 64,9%. A calcita ocorre com 29,2 e 32,2% da composição, a maghemita 2,4 e 2%, a goethita e a hematita não ultrapassam 0,4%. A presença da maghemita é corroborada pelos resultados positivos de atração magnética das amostras avaliadas.

## 7.5 Datação por $C^{14}$

As idades dos fragmentos de carvão coletados em quatro estruturas de combustão intactas estão localizadas na transição entre as camadas 0 e I (três amostras) e na maior profundidade atingida pela escavação em 2021, a base da camada II, que já sinalizada o início de uma nova camada. Os resultados (calibrados e não calibrados) são apresentados na Tabela 3. No contato 0 inf / I sup foram observadas idades médias calibradas entre 650 e 719 anos BP e entre 1.231 e 1.412 anos BP. A base da camada II, por sua vez, apresentou idade média calibrada de 4.892 BP e 2.943 AD.

Tabela 3: resultados da datação radiocarbônica de fragmentos de carvão em estruturas de combustão intactas de níveis no contato entre as camadas 0 e I e da camada II do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais, Brasil Central.

| Nível | $C^{14}$ BP | $C^{14}$ cal BP | $C^{14}$ cal BP |
|---|---|---|---|
| 0 inf / I sup | 850 ±30 | 719 | 1.231 |
| 0 inf / I sup | 720 ±30 | 650 | 1.300 |
| 0 inf / I sup | 590 ±30 | 537 | 1.412 |
| II inf | 4.320 ±30 | 4.892 | 2.943 |

## 7.6 Classificação do solo

Na tentativa de avaliar o enquadramento, ou não, da camada 0 como horizonte A antrópico em distintos sistemas taxonômicos, foram consideradas as exposições verticais das quadras S11, X7, X8 e Y7 (Figura 3). A Tabela 4 apresenta o conjunto de critérios para cada sistema. As marcações em X e os valores em preto indicam o atendimento aos critérios, enquanto as marcações em – e os valores em vermelho indicam quando o critério não foi atendido. Para o sistema da WRB, foi considerado os critérios do horizonte *petric*, comumente descrito em Terras Pretas.

Tabela 4: Enquadramento dos critérios para classificação dos horizontes A antrópicos de acordo com os sistemas SiBCS, Soil Taxonomy, WRB e Kampf *et al* (2003) das exposições verticais da quadras S11, X7, X8 e Y7 do Abrigo do Malhador, norte de Minas Gerais.

| **Sistema Taxonômico** | **Horizonte ou Classe** | **Critério** | **S11** | **X7** | **X8** | **Y7** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SiBCS | Horizonte A antrópico | Presença de artefatos cerâmicos e/ou líticos, ossos, conchas ou vestígios de ação do fogo (carvão e cinzas) | X | X | X | X |
| | | Espessura maior ou igual a 20 cm | 25-30 | 08-10 | 20-30 | 15-20 |
| | | Conteúdo de P extraível (com solução *Mehlich-1*) ≥ 30 mg $kg^{-1}$ de solo | 200,04 | 225,9 | 224,27 | 226,5 |
| Soil Taxonomy | Anthropic epipedon | Quando seco, o horizonte tem unidades estruturais menores que 30 cm de tamanho | X | X | X | X |
| | | A estrutura original da rocha, incluindo a estratificação fina, foi em grande parte obliterada | X | X | X | X |
| | | O horizonte consiste em material alterado ou transportado por humanos | X | X | X | X |
| | | O solo está em uma forma de relevo antropogênica, contém artefatos ou conchas de cozinha, ou foi compactado para impedir a drenagem | X | X | X | X |
| | | Espessura mínima de 25 cm | 25-30 | 08-10 | 20-30 | 15-20 |
| | | Quando úmido, o horizonte não é fluido | X | X | X | X |
| WRB | Pretic horizon | Cor Munsell com valor ≤ 4 e croma ≤ 3 em estado úmido; e | 7,5YR 4/3 | 7,5YR 3/3 | 7,5YR 3/3 | 7,5YR 2,5/2 |
| | | ≥ 0,6% de carbono orgânico no solo; e | 4,89 | 4,39 | 4,73 | 4,96 |
| | | Ca + Mg trocáveis ≥ 1 $cmol_c\ kg^{-1}$ de terra fina; e | 6,07 | 2,21 | 2,85 | 2,66 |
| | | ≥ 100 mg $kg^{-1}$ de P no extrato Mehlich. | 200,04 | 225,9 | 224,27 | 226,5 |
| | | ≥ 1% (por área exposta, relacionada à terra fina mais carbono negro de qualquer tamanho) de carbono negro visível ou ≥ 0,3% de carbono pertencente a moléculas de carbono negro, determinado por análises químicas; ou | X | X | X | X |
| | | Uma ou mais camadas com uma espessura combinada de ≥ 20 cm. | 25-30 | 08-10 | 20-30 | 15-20 |
| Kampf *et al*. (2003) | Archaeo-anthropedogenic horizon | Uma espessura de 20 cm ou mais, que pode se estender a partir da superfície ou ser considerada cumulativamente nos 60 cm superiores do perfil do solo, ou estar | 25-30 | 08-10 | 20-30 | 15-20 |

| Sistema Taxonômico | Horizonte ou Classe | Critério | S11 | X7 | X8 | Y7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | enterrada por sedimentos mais recentes | | | | |
| | | Presença de artefatos (por exemplo, cerâmicas, líticos, etc.), em qualquer quantidade; e/ou | X | X | X | X |
| | | Conteúdo de fósforo (elemento P) na fração de terra fina de pelo menos 65 mg $kg^{-1}$ extraível por Mehlich-1; e/ou | 25-30 | 08-10 | 20-30 | 15-20 |
| | | Presença de carvão ("carbono negro" ou "carbono pirogênico") na fração de terra fina de pelo menos 10 g $kg^{-1}$. e/ou | X | X | X | X |
| | | Conteúdo de carbono orgânico de 10 g $kg^{-1}$ de terra fina ou mais (método Walkley-Black pela Embrapa; %C x 1,5 = %C NRCS); e/ou | 48,9 | 43,9 | 47,3 | 49,6 |
| | | Presença de fragmentos de conchas e outros organismos aquáticos, e material cultural (por exemplo, cerâmicas, líticos, artefatos de ossos), (de pelo menos 10 g $kg^{-1}$ de terra fina; ou 1% da superfície vertical exposta, por estimativa visual); e/ou | X | X | X | X |
| | | Acumulação de composto terrestre ou lama, ou adições de terra sólida, com ou sem artefatos culturais; ou | - | - | - | - |
| | | Clara associação espacial do solo com atividades humanas anteriores (locais de habitação, áreas de descarte, construções de terra, campos relictos, etc.). | X | X | X | X |

X critério atendido; - critério não atendido

Com exceção do perfil vertical da quadra X7, a camada 0 atende a praticamente todos os critérios para seu enquadramento como horizonte A antrópico (SANTOS *et al*., 2018), *Anthropic epipedon* (SSS, 2014), *Pretic horizon* (IUSS, 2015) e horizonte arqueo-antrópico (KAMPF *et al*., 2003). O critério que exclui o perfil da quadra X7 e que pode despertar controvérsias é a espessura da camada. Enquanto nas demais quadras ela varia entre 10 e 30 cm, nessa quadra ela não ultrapassa 10 cm. Como se trata de uma camada com espessura não contínua, com transição irregular e abrupta para a camada subjacente, considerou-se a maior profundidade atingida como elemento para seu enquadramento nos critérios. Os demais critérios (presença de materiais arqueológicos, cores, conteúdo de P e conteúdo de carbono orgânico), foram atendidos satisfatoriamente.

Admitindo as demais camadas até a profundidade máxima atingida pela escavação como horizontes C, dado os atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos observados, a sequência de horizontes Au – 2C1 – 3C2, respectivamente para as camadas 0, I e II, classificaria o solo como NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico "antrópico" no SiBCS, *Anthropic Ustorthents* na Soil Taxonomy e *Carbic Cultic Archaeo-anthrosols* de acordo com Kampf *et al*. (2003). No caso da WRB, o horizonte pretic não atende a espessura mínima exigida de 50 cm para classificação como *Anthrosol*. Ao mesmo tempo, o enquadramento como *Regosols* não inclui a presença de *pretic horizons*, o que demostra a dificuldade de enquadramento destes perfis neste sistema taxonômico.

# 8. DISCUSSÃO

## 8.1 De onde vem a cor brunada da camada 0?

O problema central investigado por este estudo é a compreensão da origem da coloração brunada que caracteriza a camada superficial no sítio Abrigo do Malhador. Responder a essa questão é essencial para entender a origem dessa camada e porque ela se diferencia das demais. Em solos, cores pretas e brunadas são geralmente associadas à presença de carbono orgânico e, em casos específicos, aos óxidos de manganês. Essas colorações são utilizadas como indicadores de pedogênese em sítios arqueológicos, pois o abandono desses locais pode levar à substituição dos processos de sedimentação pela pedogênese (GOLDBERG & SHERWOOD, 2006). A degradação de constituintes orgânicos, causada pela introdução de acidez na superfície pelo crescimento da vegetação, produz substâncias orgânicas, como ácidos fúlvicos, húmicos e humina, que geram essa coloração.

Os resultados apresentados por nosso estudo confirmam que a camada 0 se diferencia das demais. Contudo, isso não ocorre devido à maior concentração de carbono orgânico nessa camada. Embora os valores absolutos sejam maiores, a análise estatística demonstrou que a matéria orgânica é a variável que menos explica a diferença entre as camadas 0, I e II. Neste caso, se o carbono orgânico não é a variável que explica a diferença, por que essas camadas possuem cores tão distintas? A resposta está no carbono pirogênico.

Estudos em sítios arqueológicos, principalmente a céu aberto, têm demonstrado a importante participação do carbono pirogênico nos solos antrópicos, incluindo seu escurecimento (GLASER *et al*., 2000; LIMA *et al*., 2002; KERN., 2009; LEHMANN *et al*., 2003; VILLAGRÁN, 2008; CUNHA *et al*., 2009). Enquanto o carbono orgânico é aquele presente em compostos orgânicos encontrados em tecidos vivos ou em decomposição, o carbono pirogênico é produzido através da queima incompleta de matéria orgânica. Também conhecido como *black carbon*, o carbono pirogênico foi definido por González-Pérez *et al*. (2004) como "um contínuo entre materiais vegetais parcialmente carbonizados, tais como carvão e material grafítico e partículas de fuligens condensadas na fase gasosa", sendo mais recalcitrante e estável que o carbono orgânico, permanecendo no solo por centenas a milhares de anos.

Glaser *et al*. (2000), Masiello (2004) e Tony *et al*. (2009) ofereceram um panorama completo sobre a origem do carvão pirogênico e como ele influencia nas propriedades do solo. Os autores apontam que, em altas temperaturas, entre 200 e 450 ºC, ocorre a combustão dos materiais orgânicos vivos ou mortos. Como no solo a disponibilidade de oxigênio é limitada (SKJEMSTAD & GRAETZ, 2003), essa combustão é incompleta e resulta num conjunto de produtos aromáticos dentro de um sistema contínuo, como citado, o carvão, a fuligem e o carbono pirogênico grafítico altamente condensado e recalcitrante (TONY *et al*., 2009).

De fato, o carvão é um dos constituintes principais em todas as camadas analisadas. Partículas de carvão de diferentes morfologias e tamanhos foram observadas macromorfologicamente, nas fotomicrografias e em imagens de elétrons retroespalhados. Os resultados mostram que partículas maiores parecem ocorrer nas camadas I e II, enquanto partículas menores são mais comuns na camada 0. Contudo, esses constituintes não são exclusivos da camada 0, permanecendo o questionamento sobre o que a diferencia das demais e, por isso, teria o carbono pirogênico determinando a sua cor. Duas possibilidades são discutidas a seguir.

A primeira possibilidade diz respeito à produção de uma maior diversidade de materiais com carbono pirogênico na camada 0, em morfologias e tamanhos, em detrimento das demais. Apesar de uma estrutura molecular semelhante, Masiello (2004) destaca que o carbono pirogênico possui diferentes morfologias, tamanhos e graus de reatividade. Inserido num contínuo de propriedades físicas e químicas de materiais carbonizados, ele pode variar, conforme Griffin & Goldberg (1975), nas morfologias que o contém, consequência do material que o originou e das condições de carbonização. Moraes *et al*. (2015), por exemplo, analisaram partículas de carvão que variam de argila areia fina cujas fontes de biomassa podem ser madeira, celulose ou lignina, incluindo a queima de folhas de palmeira. Nesse caso, mudanças na produção do carbono pirogênico teriam ocorrido na passagem da camada I para a camada 0. As implicações geoarqueológicas dessa possibilidade são discutidas no terceiro item desta seção.

A segunda possibilidade relaciona-se com a produção de partículas de carvão e sua posterior transformação granulométrica na camada 0. Na própria origem, o carvão pode ser formado como partículas grandes que exibem a morfologia da estrutura das madeiras, mas também como partículas menores que variam entre 5 e 40 μm, relativas aos fragmentos de plantas carbonizadas, e mesmo partículas submicroscópicas

(SKJEMSTAD *et al*., 1996). Após isso, feições de corrosão (rugosidade) sugerem sua degradação, atribuída por muitos autores à ação da foto-oxidação e pela fragmentação mecânica. Igualmente, essa possibilidade se relaciona com mudanças no comportamento que teve como resultado a produção e, aqui, a transformação do carvão na camada 0, e cujas implicações geoarqueológicas também serão discutidas no item específico.

Nossos resultados sugerem que a camada 0 contém partículas de carbono pirogênico menores em comparação com as das demais camadas. Embora a composição mineralógica e química das camadas seja semelhante, a análise estatística revelou que a principal diferença é textural: a superfície é mais argilosa, enquanto a subsuperfície é mais siltosa. Como demonstrado por diversos estudos, são as partículas finas que mais influenciam na cor do solo (FITZPATRICK, 1980; VODYANITSKII & SAVICHEV, 2017). Futuras análises poderão esclarecer melhor se o conteúdo de carbono pirogênico derivado de partículas mais finas na camada 0 se relaciona a uma ou ambas as possibilidades discutidas. No entanto, é evidente que, apesar da composição semelhante, algo no processo de formação do sítio arqueológico alterou a distribuição granulométrica dos sedimentos que compõem a superfície, gerando sua cor brunada.

## 8.2 Mais que uma cor, um produto humano na pedogênese

É inegável a participação da atividade humana na formação do material que constitui as camadas estudadas no Abrigo do Malhador. Todas as camadas apresentam os seguintes constituintes grossos: quartzo, fragmentos de ossos, conchas, pequenas lascas de silexito, calcário e carvões. Na micromassa, definida neste estudo como a fração menor que o silte, ocorrem calcitas de formatos variados e um material amorfo de composição Si-Fe-K-Al no interior de nódulos típicos, que são, inclusive, a principal pedofeição observada. Também se verificou a presença de minerais como maghemita, goethita e hematita pela análise de Difração de Raios-X. Restos vegetais, como pequenos fragmentos de raízes oxidadas e tecidos vegetais carbonizados, também estão presentes em todas as camadas. Essa composição sugere a participação tanto de constituintes adicionados pelo processo de sedimentação local, ou seja, sedimentos geogênicos e biogênicos, quanto pelas atividades humanas, denominados sedimentos antropogênicos.

O detalhamento sobre a relação entre esses constituintes e as atividades humanas é apresentado a seguir.

O quartzo é um dos minerais mais comuns nos solos de regiões tropicais, devido à sua resistência a processos intempéricos. No Abrigo do Malhador, ele está presente na forma de grãos arredondados a subarredondados, fraturados e sem preenchimento interno. Vasconcelos *et al*. (2013), ao estudar o solo do mesmo local, associaram a presença do quartzo a sedimentos provenientes dos arenitos do Grupo Urucuia, destacando que este mineral é raro nos calcários da região e que os arenitos compõem a geologia das partes altas (VASCONCELOS *et al*., 2013). Essa observação concorda com o modelo de evolução da paisagem apresentado por Moura (2009b). O grau de arredondamento e a seletividade do tamanho dos cristais mais arredondados sugerem que, pelo menos em parte, os cristais de quartzo podem ter sido transportados por via eólica em algum momento, indicando que sua fonte são os arenitos e seus solos. Embora a Formação Sete Lagoas contenha calcarenitos, não foram encontradas na literatura referências sobre a presença dessas rochas no Vale do Peruaçu. Nesta região predominam EDS (litofácies CCCL) de cores que variam do cinza claro ao médio e creme, com estratificações centimétricas plano-paralelas (MARTINS, 1998). Além disso, ocorrem siltitos de cor creme clara intercalados com os calcários, que também contêm quartzo, representando uma possível fonte adicional para este mineral. Portanto, a presença do quartzo é atribuída a uma fonte geogênica, evidenciando a relação entre a área do sítio e os processos de erosão e sedimentação do entorno.

Fragmentos de ossos, conchas, pequenas lascas de silexito e calcário e carvões são os constituintes grossos que refletem a atuação humana no local. Os ossos estão em um estágio de degradação que impede a identificação de sua origem específica. Embora animais que frequentam o abrigo possam morrer no local, incorporando ossos como sedimentos biogênicos, a presença desses ossos, associada a estruturas de fogueiras, sua disseminação no fundo matricial sem uma disposição aparente e a relação com os demais constituintes sugerem que se trata de ossos provenientes de animais trazidos por humanos para alimentação ou produção de instrumentos. Além disso, na área foram escavados cinco sepultamentos na década de 1990 (PROUS & SCHLOBACH, 1997). Embora os ossos desses sepultamentos estivessem reunidos em estruturas de enterramento, não se pode descartar que processos erosivos ou escolhas humanas possam ter dispersado fragmentos de ossos humanos no local. Em outros sítios do Brasil Central, pesquisas

indicam práticas de sepultamento envolvendo a queima de ossos humanos em fogueiras, sendo essa uma possível fonte para os ossos encontrados. Essa situação deve ser investigada mais detalhadamente.

As conchas encontradas no local estão principalmente relacionadas aos fragmentos de gastrópodes, dos quais reconhecemos a presença de *Strophocheilus sp*, embora estudos anteriores relatem a presença de outras espécies e gêneros. Eram utilizadas para a confecção de instrumentos (PROUS, 2009) e para a alimentação (KIPNIS, 2009). Em ambos os casos, a retirada do molusco envolvia o uso do fogo, como destaca Prous (2009). Isso é corroborado pela presença de muitos fragmentos queimados, principalmente na camada 0. O alto grau de fragmentação física das conchas também é uma evidência de que, abandonadas no local, podem ter sido intencionalmente ou não pisoteadas.

Os fragmentos de silexito e calcário fazem parte das matérias-primas escolhidas por grupos humanos na produção de instrumentos líticos no Vale do Peruaçu. Além desses materiais, foram utilizados arenitos, quartzo hialino e hematita na região (RODET, 2009). De acordo com Rodet (2006), as indústrias líticas no Vale do Peruaçu, durante a transição Pleistoceno/Holoceno e o contato com os Neo-brasileiros, podem ser abordadas a partir de uma perspectiva inter-nível e inter-sítio, sendo as tecnologias presentes em cada indústria importantes marcadores cronoculturais. A autora esclarece que as fases iniciais de lascamento desses materiais ocorreram nos sítios a céu aberto, próximos às jazidas; enquanto nos sítios de abrigo predominam os vestígios das fases finais da produção de instrumentos, além de pequenas lascas resultantes da debitagem (RODET, 2006). Isso explica porque o material observado na fração grossa do fundo matricial inclui esses pequenos fragmentos, muitos deles com sinais de terem sido afetados pelo fogo.

Os carvões, como destacado anteriormente, são a fonte mais importante de carbono pirogênico na relação entre as atividades humanas e a geração da coloração brunada dos níveis superficiais. Eles estão presentes tanto nas estruturas de fogueiras quanto dispersos na matriz dos sedimentos, em tamanhos que variam de centímetros a milímetros e, possivelmente, nanômetros. Portanto, é possível observar que não apenas a diversidade das ocorrências, mas também a forma como se encontram, sugerem a diferenciação das práticas humanas no local. De fato, um estudo antracológico específico deve ser realizado para compreender a origem desses fragmentos, os materiais (madeiras, folhas) utilizados na queima, as temperaturas e o tempo de queima. Esse estudo deve

envolver uma coleta posicionada de carvões em estruturas de fogueiras nas diferentes camadas e dispersos nos sedimentos.

Entretanto, nossos resultados apontam que a simples presença do carvão nessas condições pode ser reflexo de práticas culturais relacionadas à produção das estruturas de combustão, mas também ao preparo do terreno, como a varrição. Isso ocorre porque, na produção das fogueiras, partículas leves como fuligem podem deslocar-se por longas distâncias através da atmosfera. Contudo, Crutzen & Andreae (1990) argumentam que o carvão e as cinzas normalmente permanecem onde foram formados devido ao grande tamanho de suas partículas. Seu transporte seria posterior e estaria relacionado a processos erosivos ou intervenções das próprias populações que frequentam o local.

Estruturas de combustão (ou fogueiras) intactas são normalmente identificadas em escavações pela presença dos seguintes componentes: sedimento rubificado na base ou rocha fragmentada pelo fogo, carvão e cinzas (MENTZER, 2012). Algumas podem apresentar diversas camadas de carvão sobrepostas e emparelhadas, cobertas por cinzas, decorrentes de múltiplas fases de reutilização do espaço (GOLDBERG, 2001). A preservação dessas estruturas está relacionada à maneira como foram produzidas, às escolhas humanas relacionadas à ocupação do local e aos processos naturais pós-deposicionais (MEIGNEN *et al*., 2001).

Entre os processos naturais que desconfiguram as estruturas, destacam-se a erosão, a bioturbação, a crioturbação e a pedoturbação (MENTZER 2011; 2012). Entre os processos antrópicos, destacam-se o pisoteio não intencional da área, como observado por Rigaud *et al*. (1995), e a varrição ou descarte intencional de cinzas (GOLDBERG, 2001; SCHIEGL *et al*., 1994; MALLOL *et al*., 2007; HOMSEY & CAPO, 2006). Neste último caso, ocorre a formação de uma mistura do substrato, de outros sedimentos antropogênicos depositados no local e dos produtos da combustão. Goldberg (2003) identificou casos em que se formam depósitos de cinzas quando essas são os únicos materiais resultantes da combustão (GOLDBERG, 2003). A combinação entre processos naturais e humanos não é descartada e reflete a complexidade de compreender o que pode levar à desestruturação das fogueiras em sítios arqueológicos.

No Abrigo do Malhador, evidências macro e micromorfológicas, como aquelas sistematizadas por Mentzer (2012), nos ajudam a compreender a desestruturação de estruturas de combustão e as possíveis diferenças entre as camadas (MENTZER, 2012). Embora um estudo arqueológico específico das fogueiras seja necessário e isso só será

possível com o avanço das escavações, observamos que, nas camadas I e II, os carvões ocorrem dispersos e concentrados em fogueiras estruturadas sem a presença de blocos de calcário como muitas vezes ocorre na camada 0. Nas seções delgadas, os carvões dispersos mostram-se levemente abrasados e com alinhamento do eixo longo. Já na camada 0, além de ser mais difícil identificar carvões em tamanhos tão grandes quanto nas camadas inferiores, os fragmentos encontram-se fraturados, com sinais de quebra no local. Soma-se a isso o fato de que os níveis 0 sup e 0 med encontram-se compactados, com estruturas laminares bem marcadas e mudança na consistência do solo. Esses fatores podem indicar que, enquanto nas camadas I e II a destruição intencional de algumas estruturas de fogueiras levou ao espessamento do pacote de sedimentos, misturando-os com sedimentos depositados por processos naturais, na camada 0 é o pisoteio, tanto dos grupos humanos quanto do gado ali instalado em contexto histórico, que levou à fragmentação do carvão. Se isso for comprovado, essa poderia ser a explicação para a origem da cor brunada desses níveis superficiais. Situações semelhantes, com pisoteio, compactação e quebra *in situ* de materiais de combustão ou ossos queimados, foram utilizadas como argumentos para explicar a formação de camadas em diversos contextos arqueológicos (BALBO *et al*., 2010; DIBBLE *et al*., 2009; GOLDBERG *et al*., 2009, 2012; KARKANAS, 2010; KARKANAS & GOLDBERG, 2010; MALLOL *et al*., 2010; SCHIEGL *et al*., 1994; 2003; ZERBONI, 2011).

No caso da micromassa, a composição calcítica foi destacada em todos os resultados. As fotomicrografias e imagens de elétrons retroespalhados revelaram uma diversidade morfológica que nos remete a uma origem múltipla para esses materiais. Embora um estudo específico também seja necessário, é possível supor que tais origens envolvem a deposição de partículas de calcita no local, provenientes da desestruturação de calcários e espeleotemas, muito comuns no sítio arqueológico, ou mesmo presentes em plantas utilizadas pelos grupos humanos ou trazidas por animais. Além disso, há a origem autigênica, com produção de calcita *in situ* por atividades de precipitação de carbonatos e pelas atividades humanas. No último caso, estão as cinzas, tema de grande debate sobre a origem de sedimentos em sítios arqueológicos.

Identificadas pelo hábito geométrico das partículas e pela composição calcítica, as cinzas produzidas a partir da queima de madeira têm sido reportadas como importantes sedimentos em sítios arqueológicos (GOLDBERG, 2001; KARKANAS *et al*., 2007). Ensaios experimentais mostraram que a morfologia e o grau de resistência das cinzas

variam conforme a temperatura de queima (SHAHACK-GROSS & AYALON, 2013), o que leva alguns autores a proporem uma sequência de alteração, em que a decomposição desses materiais tende a substituir os componentes calcíticos por espécies minerais fosfáticas, como dahllita, crandallita, montgomeryita e leucofosfita (KARKANAS *et al*., 2000). De acordo com esses autores, a presença de cinzas calcíticas, considerando a alta reatividade desse material, seria um indicativo da maior proximidade entre o que foi depositado pelos grupos humanos durante sua ocupação e a atualidade, pois, com o tempo, transformações pós-deposicionais levam a uma modificação na composição dos sedimentos autigênicos. Com base nos resultados encontrados para o Abrigo do Malhador, não se observou nos cristais romboédricos e losangulares uma composição que não fosse cálcio e oxigênio, o que nos leva a supor que, sendo cinzas produzidas pelas fogueiras, eles se mantêm inalteradas, revelando a preservação original dos pacotes estratigráficos, com pouca alteração pedogenética posterior.

A presença da maghemita na composição da argila reforça o efeito do fogo sobre as transformações mineralógicas no sítio Abrigo do Malhador. Vasconcelos *et al*. (2013) reitera que a presença de óxidos com atração magnética em todas as frações neste local. Sua formação em fogueiras é devido às altas temperaturas atingidas durante a combustão de materiais orgânicos. Quando a magnetita ($Fe_3O_4$), presente no solo ou em depósitos naturais, é exposta ao calor intenso, ela pode sofrer uma oxidação parcial, resultando na formação de maghemita ($\gamma$-$Fe_2O_3$). Esse processo é favorecido em ambientes onde o calor é mantido por longos períodos, como em fogueiras pré-históricas utilizadas repetidamente. (KER & KAMPF, 2005).

Os nódulos típicos com micromassa composta por Si+Al+Fe+K envolvendo cristais de quartzo têm origem controversa. Duas possibilidades não mutuamente excludentes são consideradas: i) referem-se a agregados residuais de materiais geogênicos do entorno, como os solos de siltitos, dado a presença de K elimina a possibilidade de serem produtos de alteração dos arenitos; ou ii) foram produzidos nas estruturas de combustão e representam "agregados siliciosos", como aqueles encontrados por Schiegl *et al*. (1994). Esse último caso é menos provável, já que os autores descrevem esses materiais como amorfos e muito porosos. Para isso, análises de Espectrometria de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) podem contribuir com o detalhamento da sua origem. Nos sítios arqueológicos de Hayonim e Kebara, Schiegl *et al*. (1994) mostraram que os agregados silicosos são os principais componentes

formadores dos sedimentos, e sua produção foi testada experimentalmente através da queima de madeira. Eles seriam um produto da combustão direta e incompleta, e seu predomínio reflete o grau de maturidade do substrato. Isso significa que sua presença indica que as cinzas foram decompostas, já que esses agregados são relativamente insolúveis em comparação com os demais componentes da combustão e, portanto, são preservados. No sítio Abrigo do Malhador, eles ocorrem misturados com as cinzas, o que reitera que o grau de alteração dos sedimentos originais é baixo.

Essas observações estão de acordo com o que foi discutido por Vasconcelos *et al*. (2013) no mesmo sítio arqueológico. Os autores entenderam que o solo na área apresenta gênese policíclica, ou seja, é composto por camadas depositadas em condições de alternância climática associada a distintos períodos de ocupação humana. Segundo esses autores, essas camadas não têm relação pedogenética entre si. Vale acrescentar que os autores incluíram análises de camadas em profundidades maiores do que as aqui investigadas, chegando até 100 cm. Em nosso estudo, acreditamos que essas conclusões se aplicam à superfície. As camadas ainda mantêm muitas propriedades dos materiais que foram depositados, tanto naturalmente quanto pelos grupos humanos, e até mesmo as transformações observadas podem estar ligadas às ações humanas, como varrição e pisoteio. Isso nos leva a considerar que a ação humana, apesar do tempo, é o principal fator responsável pelos atributos observados, incluindo a cor brunada, e que a pedogênese em contexto pós-deposicional não foi capaz de obliterar os resultados da ocupação.

Por fim, cabe ressaltar que a classificação dos solos reflete o que foi discutido acima. O reconhecimento da presença de um horizonte que se enquadra como A antrópico em diferentes sistemas é uma marca de que as atividades humanas foram capazes de produzir solos antrópicos na área. Contudo, quando a classificação envolveu todas as camadas estudadas, o posicionamento na classe dos Neossolos – Entisols é uma evidência do baixo grau de maturidade pedogenética do pacote sedimentar, que ainda guarda, na sua estruturação, marcas do material de origem não transformado. Isso diferencia os solos de sítios sob abrigo daqueles encontrados em sítios a céu aberto, cujos estudos têm demonstrado que a pedogênese desempenha um papel importante na transformação dos materiais e recria estruturas conforme as condições ambientais do meio, transformando as classes de solos.

## 8.3 Implicações geoarqueológicas da Camada 0

Os resultados de datação da base da camada apresentaram idades médias cal BP entre 537 e 719, e cal AD entre 1.200 e 1.400 anos. Em outros sítios arqueológicos do Vale do Peruaçu, como no sitio Abrigo do Boquete, foram obtidas idades entre 1200 e 1600 BP para o início da camada I. Isso sugere que a camada 0 foi produzida nos últimos 1000 anos, aproximadamente. Dado que a camada 0 é um produto de um processo antropopedogenético, tanto na produção dos materiais que a compõem quanto na transformação sin e pós-deposicional desses materiais, surge a oportunidade de discutir seu significado arqueológico e sua importância na compreensão da ocupação do Abrigo do Malhador.

Além dos atributos de cor, estudos anteriores indicam possíveis diferenças em outros vestígios arqueológicos entre as camadas 0, I e II. Na década de 1990, Prous *et al*. (1994) destacaram uma maior diversidade de "achados arqueológicos" na camada superior em comparação com as camadas inferiores na Lapa do Boquete. Em relação aos artefatos líticos, os materiais de superfície são predominantemente peças grandes e retocadas, enquanto os enterrados são principalmente pequenas lascas não retocadas e sem córtex. Os autores afirmam que não era possível definir "fases" naquele momento, sendo necessário expandir os estudos para outros sítios e avaliar se as peças menores encontradas nos níveis estratigráficos superiores da camada 0 pertencem ao mesmo nível cronológico que as grandes lascas superficiais, possivelmente separadas pelo pisoteio do gado.

Com o avanço das pesquisas e a inclusão de novos sítios, Rodet (2006) demonstrou que algumas técnicas de debitagem e tipos de instrumentos permanecem consistentes na região, enquanto outras são específicas de determinados períodos. Isso reflete continuidades e particularidades que ilustram a complexidade da indústria lítica local. A autora destaca uma possível mudança no comportamento dos últimos ocupantes, observada pelo aumento do número de utensílios na superfície e nas camadas iniciais dos sítios, tanto em abrigos quanto a céu aberto. O final do período pré-histórico é caracterizado pela produção de grandes lascas espessas e (semi) corticais, usadas como base para ferramentas uni ou bifaciais (RODET, 2009). Lâminas de machado, datadas de aproximadamente 600 anos AP, e instrumentos de sílex e lâminas polidas de rochas básicas e de quartzito também foram encontrados nesses níveis.

Os vestígios cerâmicos aparecem desde a camada I e se intensificam na camada 0. Segundo Malta (1981) e Prous *et al*. (1994), a maioria das cerâmicas encontradas pode ser classificada como "tipo Una", sendo fragmentos não decorados de paredes finas. Outro tipo presente é a cerâmica "Tupiguarani", encontrada principalmente em sítios a céu aberto e fora do cânion, mas também em alguns abrigos, onde coexiste com a cerâmica "tipo Una". Esses fragmentos são mais espessos, pouco oxidados e feitos com antiplástico menos abundante. A datação mais antiga para camadas com cerâmica "tipo Una" é de aproximadamente 2240 anos AP na Lapa do Índio (PROUS *et al*., 1994). Na Lapa do Boquete, a cerâmica na camada II foi datada em 1500 ±70 anos AP (RODET, 2006). Isso indica que, quando a camada 0 foi formada, grupos ceramistas já ocupavam a região do Vale do Rio Peruaçu.

Os vestígios arqueológicos mais distintos da camada 0 em relação às outras são as estruturas vegetais. Segundo Prous e Rodet (2009), essas estruturas são relacionadas ao final da pré-história, cerca de 1.200 anos AP em diante. Caracterizam-se por trançados de palha cobertos com folhas com vestígios alimentares como sabugos de milho, cascas de coquinhos e mandioca ralada (RESENDE & CARDOSO, 2009). Junqueira e Malta (1981) afirmam que esses são os elementos arqueológicos que melhor refletem a domesticação de alimentos na região, representando os grupos de horticultores no Vale do Rio Peruaçu. Inicialmente interpretados como "silos" para armazenamento de alimentos, essas estruturas foram posteriormente vistas como relacionadas a práticas simbólicas, onde os alimentos, que estão presentes como uma ideia nas estruturas, desempenhavam um papel na cultura das populações que os construíram.

O exposto nos mostra que os vestígios arqueológicos escavados em vários sítios têm fortalecido a relação entre as camadas superficiais e a atuação de grupos ceramistas-horticultores na região. O que nos resta é buscar compreender se ela reflete mudanças nas práticas de ocupação destes grupos e, se sim, quais seriam elas? Para apontar respostas, caminhamos no sentido de refletir sobre o significado geoarqueológico das duas possibilidades aventadas no primeiro tópico desta discussão.

Se a origem da cor brunada está relacionada à produção de partículas de carbono pirogênico mais finas, é possível que grupos ceramistas-horticultores tenham alterado a maneira como operavam suas estruturas de combustão. Isso pode ter ocorrido devido à mudança dos combustíveis utilizados, além da madeira, como palhas e outras fontes de celulose e lignina, que produzem carvões em partículas mais finas. Também pode indicar

mudanças na estruturação das fogueiras, onde o uso de cascalhos pode ter criado condições de temperatura diferentes das fogueiras dos níveis inferiores. Essas mudanças podem refletir uma ocupação mais episódica dos sítios por esses grupos, uma vez que os estudos sugerem que as ocupações mais permanentes ocorriam em sítios a céu aberto próximas de fontes de água. Isso explicaria o fato de que, apesar do aumento da população devido à domesticação de alimentos, as camadas superficiais sejam menos espessas que as camadas sotopostas nos sítios sob abrigos. O contrário ocorre em abrigos a céu aberto com Terra Preta, onde a maior espessura de uma camada arqueológica é encontrada na superfície.

Outra possibilidade é que as práticas de combustão desses grupos tenham produzido materiais semelhantes aos dos grupos anteriores, mas a forma como ocuparam os sítios resultou na fragmentação desses materiais. Isso é corroborado pela identificação de uma estrutura laminar na camada 0 superior, provavelmente consequência do pisoteio de pessoas e do gado na superfície. A maneira como os grupos ceramistas e horticultores utilizaram os abrigos pode ter levado a uma menor manutenção das estruturas das fogueiras, com algumas sendo preservadas intactas e outras desmontadas. O pisoteio frequente resultaria na diminuição dos carvões, alterando a cor dos sedimentos ao longo do tempo. Isso também pode significar que os abrigos passaram a ser ocupados mais ocasionalmente, para atividades específicas, como produção de pigmentos, atividades ritualísticas, enterramentos, entre outras.

Seja essa ou outra possibilidade, ou ambas concomitantemente, o fato é que no Abrigo do Malhador a camada 0 indica uma assinatura geoarqueológica da ocupação ceramista-horticultora. O estudo da camada como uma unidade fortalece essa interpretação, e a ampliação do conhecimento mais detalhado sobre as práticas realizadas por esses grupos exige investigações que abordem as diferenças internas nessa camada, explorando as estruturas de fogueiras, os sedimentos de outras cores e as relações de continuidade e morfológicas entre essas variações.

## 9. CONCLUSÕES

1 – A diferença de cor entre a camada 0 e as camadas I e II não se deve à maior concentração de carbono orgânico, mas ao carbono pirogênico, um produto da queima incompleta de matéria orgânica que influencia a cor dos solos antrópicos.

2 - Duas possibilidades são discutidas para explicar a presença de partículas de carbono pirogênico menores na camada 0: a produção de uma maior diversidade de materiais carbonizados ou a transformação granulométrica do carvão. A análise estatística revela que a principal diferença entre as camadas é textural, com a superfície sendo mais argilosa e a subsuperfície mais siltosa, influenciando a coloração do solo.

3 - A ação humana foi o principal fator na formação das características observadas nas camadas do Abrigo do Malhador, incluindo a cor brunada, com a pedogênese pós-deposicional tendo um impacto limitado na alteração dos sedimentos originais.

4 – A camada 0 do Abrigo do Malhador foi formada nos últimos 1.000 anos e pode ser utilizada como um importante marcador geoarqueológico da ocupação de grupos ceramistas-horticultores na região.

5 – Estudos futuros sobre a origem do carbono pirogênico e das variações do carvão, incluindo experimentações detalhadas, e a análise das diferenças internas da camada 0, em vez de focar apenas no AVC como neste estudo, podem ampliar significativamente a compreensão sobre seu significado arqueológico e a formação do Sítio Abrigo do Malhador.

## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou a formação da camada brunada encontrada em escavações recentes no sítio Abrigo do Malhador, distinguindo-a das camadas subjacentes e avaliando seu significado pedológico e geoarqueológico. Partimos da hipótese de que algo na maneira como os ocupantes pretéritos utilizavam o abrigo mudou ao longo do tempo, já que fragmentos de carvão e estruturas de combustão foram evidenciados em camadas mais profundas, embora estas não apresentem a coloração marrom da superfície. Assim, a camada brunada objeto deste estudo seria produto de processos antropopedogenéticos.

Os resultados das análises indicam que a coloração da camada não está associada à presença e/ou atuação da matéria orgânica como carbono orgânico, mas sim como carbono pirogênico. Dentre todas as propriedades físicas e químicas consideradas, as análises estatísticas mostraram que o fator mais explicativo da variabilidade entre as camadas superficiais e os níveis mais profundos é a classe textural. A presença de uma fração granulométrica menor (argila ou argilo-siltosa), combinada com carbono pirogênico no sedimento, confere à camada 0 sua cor característica. Apesar das possíveis explicações para sua coloração, é indubitável que as alterações que originaram a camada brunada são derivadas da atividade humana antiga no local, confirmando, portanto, nossa hipótese.

O estudo e os respectivos resultados foram baseados em amostras de volume controlado (AVC), incluindo o sedimento de toda a quadra, e não apenas de estruturas de combustão. Considerando que as escavações no vale do Rio Peruaçu e, especificamente, no Abrigo do Malhador continuam, há espaço para futuras pesquisas focadas nas estruturas de combustão e sua relação com o entorno, agora que se mostrou associada à coloração da camada 0.

Análises antracológicas, por exemplo, podem revelar que tipo de material lenhoso era utilizado como combustível para as fogueiras, além de fornecer uma reconstrução relativamente precisa da vegetação local. Pesquisas focadas nas camadas superficiais em outros sítios arqueológicos no Peruaçu podem compor um quadro comparativo e oferecer perspectivas sobre a composição da camada brunada de forma mais abrangente. Um exemplo é a Lapa do Boquete, um sítio abrigado próximo ao Abrigo do Malhador (cerca

de 5 km) onde também foram encontrados sepultamentos. Camadas em sítios a céu aberto e marcas de fogo em vestígios arqueológicos mais resistentes ao calor (como cerâmicas e líticos) podem enriquecer essas análises.

Hodiernamente, análises de natureza experimental, como a queima de madeira ou palha, podem averiguar o carvão remanescente e oferecer mais conhecimento sobre como este pode se encontrar no registro arqueológico. O carvão pode estar bastante fragmentado, dificultando sua visibilidade em microfotografias; assim, pesquisas utilizando Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET) podem ajudar a identificar nanopartículas desses elementos.

Nas análises de susceptibilidade magnética realizadas no sítio em estudos anteriores, foi evidenciada a presença de maghemita, formada a partir de altas temperaturas durante a combustão. Neste estudo a DRX também identificou a presença deste mineral. Seria interessante realizar mais análises dessa natureza e incluir estudos específicos das formas de ferro presentes, como por exemplo pelas espectroscopias Moos-Bauer e Raman, bem como pelas análises de infravermelho, já que elas são capazes de separar as sequências de transformação típicas dos minerais como magnetita, goethita ou lepidocrocita, possuindo assim uma otima aplicação para estudos antropopedogênicos que envolvem a compreensão do uso do fogo por essas populações.

Essas e outras muitas possibilidades não aventadas aqui mostram que o Sitio Abrigo do Malhador é um palco de importantes estudos geoarqueológicos, e que pode trazer contribuições valiosas para compreender a ocupação do Vale do Rio Peruaçu e, dessa maneira, do Brasil Central.

# REFERÊNCIAS

ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. A Bacia Intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (eds.). Bacia do São Francisco Geologia e Recursos Naturais. Belo Horizonte: SBG-MG, 2001. p. 09-30.

ANDERSON, J. P. E. Soil respiration. Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties. v. 9, p. 831-871, 1983.

ANGELUCCI, D. E. A partir da terra: a contribuição da Geoarqueologia. In: MATEUS, J. E.; MORENO-GARCÍA, M. (Eds.). Paleoecologia Humana e Arqueociências. Um programa multidisciplinar para a Arqueologia sob a tutela da Cultura. Lisboa: Instituto Português de Arqueologia - IPA, 2003. ISBN 972-8662-13-0.

AULER, A. S.; PILÓ, L. B.; SAADI, A. Ambientes cársticos. Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 321-343.

BAETA, A. Aspectos sobre o processo de contato entre colonizadores e grupos indígenas no Norte de Minas Gerais - região do vale do rio Peruaçu. Cadernos de História, Belo Horizonte, v. 5, n. 6, p. 70, jul. 2000.

BALBO, A. L.; MADELLA, M.; VILA, A.; ESTÉVEZ, J. Micromorphological perspectives on the stratigraphical excavation of shell middens: A first approximation from the ethnohistorical site Tunel VII, Tierra del Fuego (Argentina). Journal of Archaeological Science, v. 37, p. 1252-1259, 2010.

BIRD, R. McK; DIAS JR, O. F.; CARVALHO, E. T. Subsídios para a arqueobotânica no Brasil: o milho antigo em cavernas de Minas Gerais, Brasil. Revista de Arqueologia, São Paulo, v. 6, p. 14-31, 1991.

BUTZER, K. W. Archaeology as Human Ecology. Cambridge. Cambridge University Press, 1982. XIII-363 p.

CÂMARA, P. E. A. S.; BONES, F. L. V.; LOPES, F. A. C.; *et al*. DNA Metabarcoding Reveals Cryptic Diversity in Forest Soils on the Isolated Brazilian Trindade Island, South Atlantic. Microbial Ecology, v. 85, n. 3, p. 1056-1071, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00248-022-02018-4.

CARDOSO, J. H.; TEIXEIRA, W. G.; SHINZATO, E.; GONÇALVES, A. O.; MANSUR, K. Avaliação da susceptibilidade magnética e teores totais de elementos minerais em amostras de solos antrópicos do Sambaqui da Fazenda Campos Novos - Cabo Frio - RJ. In: SEMINÁRIO PIBIC EMBRAPA SOLOS 2015/2016. Resumos. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/154988/1/2016-144.pdf.

CASTRO, S. S.; COOPER, M. Fundamentos de micromorfologia de solos. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa/MG, 2019. 240 p.

CASTRO, S. S.; COOPER, M.; SANTOS, M. C.; VIDAL-TORRADO, P. Micromorfologia do solo: bases e aplicações. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. (Eds.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3, p. 107-164.

CHEN, P. Y. Table of key-lines in X-ray power diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks. Bloomington: Department of Natural Resources, Geological Survey, 1977. 67 p.

COELHO, A. H. F.; PILÓ, L. B.; VALADÃO, R. C. Registros altimétricos, sedimentares e cronológicos de grandes alagamentos no cânion cárstico do Rio Peruaçu, MG. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 34., 2017, Ouro Preto. Anais. Campinas: SBE, 2017. p. 427-437. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_427-437.pdf.

COSTA, J. A.; COSTA, M. K. D. C.; SANTOS, C. Pedogênese de solos antrópicos: As terras pretas e terra mulata do baixo amazonas. Revista Equador, v. 4, p. 440-447, 2015.

COSTA, J. A.; KERN, D. C.; COSTA, L. M. da; RODRIGUES, E.; KAMPF, N.; LEHMAN, J.; FRAZÃO, F. J. L. T. Geoquímica das Terras Pretas Amazônicas. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (ed.). As Terras Pretas de Índio da Amazônia - Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 162–171.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; CANELLAS, L. P.; RIBEIRO, L. P.; BENITES, V. M. de; SANTOS, G. A. Soil organic matter and fertility of anthropogenic dark earths (Terra Preta de Índio) in the Brazilian Amazon basin. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 1, p. 85-93, 2009. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100009.

DA SILVA, L. D. R.; OKUMURA, M. Cestos enterrados no vale do Peruaçu: classificação e utilização dos artefatos têxteis e trançados dos sítios sob abrigo do norte de Minas Gerais. Revista de Arqueologia, v. 31, n. 1, p. 131-150, 2018.

DAZZI, C.; LO PAPA, G. Anthropogenic soils: general aspects and features. Ecocycles v. 1, n. 1, p. 3-8, 2015. DOI: 10.19040/ecocycles.v1i1.23. Disponível em: https://www.ecocycles.net/ojs/index.php/ecocycles/article/view/23.

DeBLASIS, P.; KNEIP, A.; YBERT, R. S.; GIANNINI, P. C.; GASPAR, M. D. Sambaquis e Paisagem. Arqueologia Sul Americana, v. 3, n. 1, p. 30-61, 2007.

DENEVAM, W. As origens agrícolas da Terra Mulata na Amazônia. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (eds.). As Terras Pretas de Índio na Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/684554.

DIBBLE, H.; BERNA, F.; GOLDBERG, P.; MCPHERRON, S. J. P.; MENTZER, S.; NIVEN, L.; *et al*. A preliminar report on Pech de l'Azé IV, Layer 8 (Middle Paleolithic, France). PaleoAnthropology**,** 2009, p. 182-219.

DUDAL, R. The sixth factor of soil formation. Eurasian Soil Science C/C of Pochvovedenie, v. 38, p. S60, 2005.

EMBRAPA. Banco de Dados Climáticos do Brasil. 2018. Disponível em: https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/balanco/resultados/pe/140/balanco.html

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2017. 212 p.

FITZPATRICK, E. A. Soils – their formation, classification and distribution. New York: Longman, 1980. 353 p.

FONSECA, D.; MONTEIRO DA SILVA, S. F. S. Os pescadores, coletores e caçadores holocênicos dos litorais Sul e Norte do Brasil considerações sobre os sambaquis. *Clio Arquéologica*, v. 32, n. 1, p. 95-145, 2017. DOI: https://doi.org/10.20891/clio.V32N1p95-145.

GASPAR, M. *Sambaqui: arqueologia do litoral brasileiro*. São Paulo: Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 1999.

GLADFELTER, B. G. Geoarchaeology: the geomorphologist and archaeology. *American Antiquity*, v. 42, n. 4, p. 519-538, 1977.

GLASER, B.; BALASHOV, E.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. *Organic Geochemistry*, v. 31, p. 669-678, 2000.

GLASER, B.; *et al*. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the brazilian amazon region. *Organic Geochemistry*, v. 31, p. 669-678, 2000.

GLASER, B.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. The "Terra Preta" phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, v. 88, n. 1, p. 37-41, 2001. DOI: https://doi.org/10.1007/s001140000193.

GOLDBERG, P. Some micromorphological aspects of prehistoric cave deposits. *Cahiers de Archéologie du CELAT*, v. 10, Série archéometrie n. 1, p. 161-175, 2001.

GOLDBERG, P. Some observations on Middle and Upper Paleolithic ashy cave and rockshelter deposits in the Near East. In: GORING-MORRIS, A. N.; BELFER-COHEN, A. (Eds.). *More than meets the eye: Studies on Upper Palaeolithic diversity in the Near East*. Oxford: Oxbow Books, 2003. p. 19-32.

GOLDBERG, P.; MILLER, C.; SCHIEGL, S.; LIGOUIS, B.; BERNA, F.; CONARD, N.; *et al*. Bedding, hearths, and site maintenance in the Middle Stone Age of Sibudu Cave, KwaZulu-Natal, South Africa. *Archaeological and Anthropological Sciences*, v. 1, n. 2, p. 95-122, 2009.

GOLDBERG, P.; SHERWOOD, S. C. Deciphering human prehistory through the geoarcheological study of cave sediments. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, v. 15, n. 1, p. 20-36, 2006.

GRIFFIN, J. J.; GOLDBERG, E. D. The fluxes of elemental carbon in coastal marine sediments. *Limnology and Oceanography*, v. 20, p. 456-463, 1975.

HASSAN, F. A. Geoarchaeology: the geologist and archaeology. *American Antiquity*, v. 44, n. 2, p. 267-270, 1979.

HOGG, A.; HEATON, T.; HUA, Q.; PALMER, J.; TURNEY, C.; SOUTHON, J.; BAYLISS, A.; BLACKWELL, P.; BOSWIJK, G.; BRONK-RAMSEY, C.; PETCHEY, F.; REIMER, P.; REIMER, R.; WACKER, L. SHCal20 Southern Hemisphere calibration, 0–55,000 years cal BP. *Radiocarbon*, v. 62, n. 4, p. 759-778, 2020. DOI: https://doi.org/10.1017/rdc.2020.59.

HOWARD, J. Anthropogenic Soils. New York: Springer, 2017.

IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, Rome, 2015. 192 p.

JUNQUEIRA, P.; MALTA, I. Horticultores ceramistas pré-históricos do Noroeste de Minas Gerais. *Arquivos do Museu de História Natural-UFMG*, v. VI/VII, p. 275-288, 1981.

KAMPF, N.; KERN, D. C. O Solo como Registro da Ocupação Humana Pré-histórica na Amazônia. In: VIDAL–TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J. (eds.). *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. v. 4, p. 277-320.

KÄMPF, N.; WOODS, W. I.; SOMBROEK, W.; KERN, D. C.; CUNHA, T. J. F. Classification of Amazonian Dark Earths and other ancient antropic soils. In: LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GLASER, B.; WOODS, W. I. (eds.). *Amazonia Dark earths. Origin, properties and management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 77-102.

KARKANAS, P.; BAR-YOSEF, O.; GOLDBERG, P.; WEINER, S. Diagenesis in prehistoric caves: the use of minerals that form in situ to assess the completeness of the archaeological record. *Journal of Archaeological Science*, 2000. v. 27, n. 10, p. 915-929.

KARKANAS, P.; SHAHACK-GROSS, R.; AYALON, A.; BAR-MATTHEWS, M.; BARKAI, R.; FRUMKIN, A.; *et al*. Evidence for habitual use of fire at the end of the Lower Paleolithic: Site-formation processes at Qesem Cave, Israel. *Journal of Human Evolution*, v. 53, n. 2, p. 197-212, 2007.

KERN, D. C. Análise e interpretação dos solos e/ou sedimentos nas pesquisas arqueológicas. *Rev. do Mus. de Arq. e Etn.*, v. 8, p. 21-35, 2009. DOI: https://doi.org/10.11606/issn.2594-5939.revmaesupl.2009.113506.

KERN, D. C.; D`AQUINO, G.; RODRIGUES, T. E.; FRAZÃO, F. J. L.; SOMBROEK, W.; NEVES, E. G.; MYERS, T. P. Distribution of antropogenic dark earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D. C.; WOODS, W.; GLASER, B. (org.). *Amazonian dark*

*Earths: origin, properties, management*. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 51-76.

KERN, D. C.; KAMPF, N. Ação Antópica e Pedogênese em Solos com Terra Preta em Cachoeira-Porteira, Pará. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Ciências Naturais*, v. 1, n. 2, p. 187-201, maio-ago. 2005.

KERN, D. C.; KAMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na Região de Oriximiná, Pará. *Rev. Bras. de Ciê. do Sol.*, v. 3, p. 219-225, 1989.

KIPNIS, R. Padrões de subsistência dos povos forrageiros do Vale do Peruaçu. *Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico – UFMG: Arqueologia do vale do Rio Peruaçu e adjacências*, Belo Horizonte, v. 19, 2009, p. 291-320.

KOHLER, H. C. Geomorfologia Cárstica na Região de Lagoa Santa – MG. Tese (Doutorado) - FFLCH/Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989. 113 p.

LADEIRA, A. C. Formação de solos de sambaquis no litoral sul do Espírito Santo: um estudo pedoarqueológico no ameaçado Sítio Rio Preto 1. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Ouro Preto - MG, 2021.

LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GERMAN, L. A.; McCANN, J.; MARTINS, G. C.; MOREIRA, A. Soil fertility and production potential. In: LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GLASER, B.; WOODS, W. I. (ed.). *Amazonian dark earths; origin, properties and management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 105-124.

LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GLASER, B.; WOODS, W. I. *Amazonia Dark earths. Origin, properties and management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. 505 p.

LIMA, H. N.; SCHAEFER, C. E. R.; MELLO, J. W. V.; GILKES, R. J.; KER, J. C. Pedogenesis and pre-Columbian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of Western Amazonia. *Geoderma*, v. 110, p. 1-17, 2002.

LOURENÇO, L. C. Uma análise tecnológica das indústrias líticas do sítio arqueológico Abrigo do Malhador, vale do rio Peruaçu – MG. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Antropologia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2024.

MALLOL, C; CABANES, D; BAENA, J. Microstratigraphy and diagenesis at the upper Pleistocene site of Esquilleu Cave (Cantabria, Spain). Quaternary International, 214 (1-2), 70-81. doi:10.1016/j.quaint.2009.10.018

MARTINS, J. C. Mapeamento geológico de parte das folhas de Januária (parte sul) e São João da Ponte (parte norte), norte de Minas Gerais. Trabalho de Graduação, Departamento de Geologia, Universidade de Ouro Preto, Ouro Preto, 1998. 60 p.

MASIELLO, C. A. New directions in black carbon organic geochemistry. *Mar. Chemical*, v. 202, p. 201-213, 2004.

MEIGNEN, L.; BAR YOSEF, O.; GOLDBERG, P.; WEINER, S. Le feu au Paléolithique moyen: recherches sur les structures de combustion e o status des foyers. *Paleorient*, v. 26, n. 2, p. 9-22, 2001.

MENTZER, S. M. Macro- and micro-scale geoarchaeology of Üçağızlı Caves I and II, Hatay, Turkey. Dissertação (Doutorado) - School of Anthropology, University of Arizona, Tucson, 2011.

MENTZER, S. M. Microarchaeological approaches to the identification and interpretation of combustion features in prehistoric archaeological sites. *Journal of Archaeological Method and Theory*, v. 21, n. 3, p. 616-668, 2012.

MORAES, M. C.; *et al*. Characterization and distribution of pyrogenic carbon in a fraction of archaeological black earth from Caxiuanã. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 26, n. 8, p. 1664-1673, ago. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/jbchs/v26n8/0103-5053-jbchs-26-08-1664.pdf. Acesso em: 5 nov. 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.5935/0103-5053.20150140.

MOREIRA, V. S. Geoarqueologia na bacia do rio São Francisco, Minas Gerias (sítios arqueológicos Caixa D'água, Bibocas II e Lapa do Sol). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Antropologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, dez. 2015.

MOURA, M. T. T. Evolução do Sítio Arqueológico Lapa do Boquete na Paisagem Cárstica do Vale do Rio Peruaçu: Januária (MG). Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1998.

MOURA, M. T. T. O quadro geográfico regional. In: OLIVERIA, R. (org.); RODET, M. J.; PROUS, A. (eds.). *Arqueologia do Vale do rio Peruaçu e adjacências – Minas Gerais*. Belo Horizonte: Arquivos - Museu de História Natural e Jardim Botânico - UFMG, 2009a. v. XIX, p. 21-40.

MOURA, M. T. T. A dinâmica de evolução da paisagem do vale do rio Peruaçu. In: OLIVERIA, R. (org.); RODET, M. J.; PROUS, A. (eds.). *Arqueologia do Vale do rio Peruaçu e adjacências – Minas Gerais*. Belo Horizonte: Arquivos - Museu de História Natural e Jardim Botânico - UFMG, 2009b. v. XIX, p. 41-54.

MOURA, M. T. T. Sedimentação nos abrigos. In: OLIVERIA, R. (org.); RODET, M. J.; PROUS, A. (eds.). *Arqueologia do Vale do rio Peruaçu e adjacências – Minas Gerais*. Belo Horizonte: Arquivos - Museu de História Natural e Jardim Botânico - UFMG, 2009c. v. XIX, p. 55-73.

NOVOTNY, E. H.; DEAZEVEDO, E. R.; BONAGAMBA, T. J.; CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; HAYES, M. H. B. Studies of the compositions of humic acids from Amazonian dark earth soils. *Environmental Science and Technology*, v. 41, p. 400-405, 2007.

PILÓ, L. B. A morfologia cárstica do baixo curso do rio Peruaçu, Januária-Itacarambi, MG. Dissertação (Bacharelado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1989. 79 p.

PILÓ, L. B. Caracterização regional do carste do vale do rio Peruaçu. *O Carste*, v. 9, n. 2, p. 22-29, 1997.

PILÓ, L. B.; KÖHLER, H. C. Do Vale do Peruaçu ao São Francisco: uma viagem ao interior da terra. In: *Anais do III Congresso da Associação Brasileira do Estudo do Quaternário*, Belo Horizonte, v. 2, p. 57-73, 1991.

POLLARD, A. M. Geoarchaeology: exploration, environments, resources. Geological Society, London, Special Publications, 1999. 165 p. The Geological Society of London.

PROUS, A. *Arqueologia Brasileira: a pré-história e os verdadeiros colonizadores*. Cuiabá: Archaeo/Carlini & Canaiato Editorial, 2019.

PROUS, A. Artefatos e adornos sobre suportes de origem animal, vegetal ou mineral (concha, casca de ovo, dente, osso, cera, fibras vegetais e calcita). *Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico – UFMG: Arqueologia do vale do Rio Peruaçu e adjacências*, Belo Horizonte, v. 19, 2009, p. 371-413.

PROUS, A. Histórico das pesquisas no alto-médio São Francisco e problemática geral. *Arquivos do Museu de História Natural*, Universidade Federal de Minas Gerais, v. XVII/XVIII, Belo Horizonte, 1996/1997.

PROUS, A. Objetivos e Metodologia. *Arquivos do Museu de História Natural*, Universidade Federal de Minas Gerais, v. XVII/XVIII, Belo Horizonte, 1996/1997.

PROUS, A.; BRITO, M. E.; LIMA, M.; ALONSO. As ocupações ceramistas no Vale do Rio Peruaçu (MG). *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, v. 4, p. 71-94, 1994.

PROUS, A.; COSTA, F.; ALONSO, M. Arqueologia da Lapa do Dragão. *Arquivos do Museu de História Natural*, Universidade Federal de Minas Gerais, v. XVII/XVIII, 1996/1997 (b).

PROUS, A.; JUNQUEIRA, P. A.; MALTA, I. M. Arqueologia do Alto Médio São Francisco: Região de Januária e Montalvânia. *Revista de Arqueologia*, v. 2, n. 1, p. 59-72, 1984. DOI: 10.24885/sab.v2i1.36. Disponível em: https://revista.sabnet.org/ojs/index.php/sab/article/view/36. Acesso em: 8 out. 2022.

PROUS, A.; RODET, M. J. Arqueologia do Vale do rio Peruaçu e adjacências (1). *Arquivos do Museu de História Natural UFMG*, v. 19, 533 p., 2009.

PROUS, A.; SCHLOBACH, M. C. Sepultamentos pré-históricos do vale do Peruaçu - MG. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, v. 7, p. 3-21, 1997.

PROUS, A.; SCHLOBACH, M. Sepultamentos pré-históricos do Vale do Peruaçu – MG. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, Universidade de São Paulo, v. 7, p. 3-21, 1997.

RESENDE, E. M. T.; CARDOSO, J. S. Vestígios vegetais: Arqueobotânica e técnicas tradicionais de armazenamento. In: OLIVERIA, R. (org.); RODET, M. J.; PROUS, A. (eds.). *Arqueologia do Vale do rio Peruaçu e adjacências – Minas Gerais*. Belo

Horizonte: Arquivos - Museu de História Natural e Jardim Botânico - UFMG, 2009. v. XIX, p. 229-258.

RIBEIRO, L.; ISNARDIS, A. Os conjuntos gráficos do alto-médio São Francisco (vale do Peruaçu e Montalvânia) - caracterização e sequências sucessórias. *Arquivos do Museu de História Natural*, Universidade Federal de Minas Gerais, v. XVII/XVIII, 1996/1997, p. 243-285.

RICHTER JR, D. de B.; *et al*. Humanity's transformation of Earth's soil: Pedology's new frontier. *Soil Science*, v. 172, n. 12, p. 957-967, 2007.

RODET, J.; RODET, M. J. Evolution karstique et ressources lithiques archéologiques. L'exemple du Rio Peruaçu (Januária – Itacarambi, Minas Gerais, Brésil). In: *Actes du XIème Congrès National de Spéléologie*, Genève (Suisse), 14-16 set. 2001, p. 129-134.

RODET, J.; RODET, M. J.; WILLEMS, L.; POUCLET, A. Abordagem geomorfológica da bacia do rio Peruaçu e implicações geoarqueológicas. In: OLIVERIA, R. (org.); RODET, M. J.; PROUS, A. (eds.). *Arqueologia do Vale do rio Peruaçu e adjacências – Minas Gerais*. Belo Horizonte: Arquivos - Museu de História Natural e Jardim Botânico - UFMG, 2009. v. XIX, p. 75-102.

RODET, M. J. Étude technologique des industries lithiques du nord de Minas Gerais – depuis le passage Pléistocène/Holocène jusqu'au contact au XVIIIème siècle. Tese (Doutorado) - Université de Paris X, Nanterre, Laboratoire d'Archéologie et Technologie, 2006. 516 p.

RODET, M. J. Note sur l'archéologie française au Brésil: 100 ans de la Societé Archéologique Française. In: *100 ans de archéologie française*. Paris: SPF, 2006.

RODET, M. J.; BIARD, M.; PROUS, A.; XAVIER, L.; ALONSO, M. As indústrias líticas recentes da região de Montalvânia. *Arquivos do Museu de História Natural*, Universidade Federal de Minas Gerais, v. XVII/XVIII, 1996/1997.

RODET, M. J.; RODET, J.; NASCIMENTO, S. A.; MARIANO, D. F.; HUGUET, Y.; SILVA, J. R. Metodologia de prospecções geoarqueológicas dentro de uma bacia (exemplo da bacia do rio Peruaçu, Minas Gerais, Brasil). *Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, v. 12, p. 25-41, 2002.

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 2, p. 297-300, 2005.

SABINO, C. V. S.; PROUS, A. Estudo arqueométrico de cerâmicas do sítio Peruaçu, Minas Gerais, Brasil. In: OLIVERIA, R. (org.); RODET, M. J.; PROUS, A. (eds.). *Arqueologia do Vale do rio Peruaçu e adjacências – Minas Gerais*. Belo Horizonte: Arquivos - Museu de História Natural e Jardim Botânico - UFMG, 2009. v. XIX, p. 499-516.

SALINO, A.; LOMBARDI, J. A. Vegetação do vale do Peruaçu, Minas Gerais, Brasil. In: OLIVERIA, R. (org.); RODET, M. J.; PROUS, A. (eds.). *Arqueologia do Vale do*

*rio Peruaçu e adjacências – Minas Gerais*. Belo Horizonte: Arquivos - Museu de História Natural e Jardim Botânico - UFMG, 2009. v. XIX, p. 111-128.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHOS, M. R.; ALMEIDA, J. A. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2015. 101 p.

SCHEEL-YBERT, R. Teoria e métodos em antracologia. 1. Considerações teóricas e perspectivas. *Arquivos do Museu Nacional*, v. 62, n. 1, p. 3-14, 2004.

SCHIEGL, S.; GOLDBERG, P.; PFRETZSCHNER, H.-U.; CONARD, N. J. Paleolithic burnt bone horizons from the Swabian Jura: Distinguishing between in situ fireplaces and dumping areas. *Geoarchaeology*, v. 18, n. 5, p. 541-565, 2003.

SCHIEGL, S.; LEV-YADUN, S.; BAR-YOSEF, O.; GORESY, A. E.; WEINER, S. Siliceous aggregates from prehistoric wood ash: A major component of sediments in Kebara and Hayonim caves (Israel). *Israel Journal of Earth Sciences*, v. 43, n. 3–4, p. 257-278, 1994.

SCHIFFER, M. B. Archaeological Context and Systemic Context. *American Antiquity*, v. 37, n. 2, p. 156-165, 1972. DOI: 10.2307/278203.

SCHLOBACH, M. Considerações metodológicas acerca do estabelecimento de uma tipologia para as indústrias líticas recentes do Abrigo do Malhador (Januária-MG). *Revista de Arqueologia*, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 65-86, 1994-95.

SCHMIDT, M. J. A Formação da Terra Preta: análise de sedimentos e solos no contexto arqueológico. In: MAGALHÃES, M. P. (ed.). *Amazônia Antropogênica*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2009. 429 p.

SHAHACK-GROSS, R.; AYALON, A. Stable carbon and oxygen isotopic compositions of wood ash: an experimental study with archaeological implications. *Journal of Archaeological Science*, 2012. DOI: 10.1016/j.jas.2012.06.036.

SKEJMSTAD, J. O.; *et al*. The chemistry and nature of protected carbon in soil. *Aust. J. Soil Res.*, v. 34, p. 251, 1996.

SKJEMSTAD, J. O.; GRAETZ, R. D. The impact of burning on the nature of soil organic matter in Australia. *Agronomina*, v. 37, n. 2, p. 85, 2003.

SOHI, S. P.; MAHIEU, N.; ARAH, J. R. M.; POWLSON, D. S.; MADARI, B.; GAUNT, J. L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. *Soil Sci Soc Am J.*, v. 65, p. 1121-1128, 2001.

SOIL SURVEY STAFF. Keys to soil taxonomy. 12. ed. Washington, DC: USDA, Natural Resources Conservation Service, 2014.

SOLÁ, M. E. C. Memória da prospecção arqueológica de 1977 na região cárstica de Montalvânia. *Arquivos do Museu de História Natural*, Universidade Federal de Minas Gerais, v. XVII/XVIII, 1996/1997.

SOUSA, D. V.; KER, J. C.; PROUS, A. P. P.; SCHAEFER, C. E. R. G.; COSTA, L. M.; TEIXEIRA, W. G. Pedoarqueologia em ambiente carstico, sítio arqueológico Samambaia, região de Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil. In: *XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo*, Cusco, Peru, 9-15 nov. 2014.

SOUSA, D. V.; KER, J. C.; RODET, M. J.; SCHAEFER, C. E. G. R.; TEIXEIRA, W. G. Pedoarqueologia em abrigo quartzítico: Sítio Bibocas II, Jequitaí, ocupação humana inicial na bacia do São Francisco. *Teoria e Sociedade*, v. 23, n. 1, p. 167-197, 2015.

STOOPS, G. Guidelines for the analysis and description of soil and regolith thin sections. Madison: SSSA, 2003. 184 p.

STOOPS, G. Guidelines for the analysis and description of soils and regolith thin sections. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 2021.

STRAUSS, A. Os padrões de sepultamento do sítio arqueológico Lapa do Santo (Holoceno Inicial, Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, v. 11, p. 243-276, 2016.

TRIGGER, B. G. *História do pensamento arqueológico*. Tradução: Ordep Trindade Serra. Revisão técnica: Lucas de Melo Bueno, Juliana Machado. São Paulo: Odysseus Editora, 2004.

VASCONCELOS, B. N. F. Gênese de antropossolos em sítios arqueológicos de ambiente cárstico no norte de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de plantas, Viçosa - MG, 2010.

VASCONCELOS, B. N. F.; *et al*. Antropossolos em sítios arqueológicos de ambiente cárstico no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 986-996, 2013.

VILLA, A.; ESTEVEZ, J. Estratigrafias em contexto. *KREI: Círculo de Estratigrafia Analítica*, v. 5, p. 29-61, 2000.

VILLAGRÁN, X. S. Análise de arqueofácies na camada preta do sambaqui Jabuticabeira II. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arqueologia do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo, 2008.

VODYANITSKII, Y. N.; SAVICHEV, A. T. The influence of organic matter on soil color using the regression equations of optical parameters in the system CIE-L. *Annals of Agrarian Science*, v. 15, n. 3, p. 380-385, set. 2017.

VODYANITSKII, Y. N.; SAVICHEV, A. T. The influence of organic matter on soil color using the regression equations of optical parameters in the system CIE- L*a*b*. *Ann. Agrar. Sci.*, v. 15, p. 380-385, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.05.023.

WATERS, M. R. Principles of geoarchaeology: A North American perspective. Tucson: The University of Arizona Press, 1992.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method of routine determination of organic carbon in soil. *Comunications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

ZERBONI, A. Micromorphology reveals in situ Mesolithic living floors and archaeological features in multiphase sites in central Sudan. *Geoarchaeology*, v. 26, n. 3, p. 365-391, 2011.